



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



## **Université Amar Thelidji- Laghouat**

**FACULTE : SCIENCES**

**DEPARTEMENT : SCIENCES AGRONOMIQUES**

### **MEMOIRE DE MASTER**

**Présenté par : M<sup>elle</sup> BENZAADA NASSIMA**

**DOMAINE : SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE (SNV)**

**FILIERE : SCIENCES ALIMENTAIRE**

**OPTION : AGROALIMENTAIRE ET CONTROLE DE QUALITE**

### **Thème**

**Etude de la qualité-physicochimique et bactériologique des eaux potables de la zone industriel Hassi R'mel - wilaya de Laghouat – Algérie**

**Jury de soutenance :**

**Soutenu le : 27 Juin 2019**

<b>Nom et Prénom</b>	<b>Grade</b>	<b>qualité</b>
Mr. MAKOUDI .M	MAA	Président
Mr. DJOUKHDOM.L	MAB	Examineur
Mr. ROUIGHI.T	MAA	Rapporteur

**Promotion : Juin - 2019**

# Remerciement

*Avant tout je tiens à remercier DIEU qui m'a arrosé de la Lumière de sa connaissance et nous a protégé de l'ignorance. Je tiens à remercier mon encadreur Mr Rouïghî Taher, pour son suivi, ses conseils et ses orientations durant toute la période du travail.*

*J'adresse mes remerciements aux membres de jury :*

*Mr. MAKOUDI M. (MAA) d'avoir accepté la présidence du jury.*

*Mr. Djoukhdom L. (MAB) d'avoir accepté d'examiner et Juger ce travail.*

*Mes remerciements vont aussi à Mr. HNEICHE Ahmed (Ingénieur de laboratoire à l'ADE. Laghouat) pour sa disponibilité, la qualité de ses conseils et avis sur les travaux que j'ai pu mener Je le remercie vivement.*

*Je remercie aussi toute l'équipe du laboratoire d'ADE pour m'avoir accueillie au laboratoire et qui a bien voulu me diriger et me suivre continuellement pendant la période de mon stage.*

*Enfin, je remercie tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin dans l'élaboration de ce travail.*

## **DEDICACES**

*Je dédie ce travail à :*

*La plus chère à mon cœur, la bougie qui a éclairé ma vie et qui a contribué à ma réussite, qui me toujours aidée avec sa d'Oaa ses conseils précieuses et j'espère rendre tout ce qu'elle a fait pour moi. Merci de tout cœur ma chère mère, que Dieu vous accorde santé et longue vie.*

*Le plus grand amour dans mon cœur, à la prunelle de mes yeux, le meilleur guide dans ma vie et qui n'a jamais cessé de m'encourager, le meilleur père.*

*A mes très chères sœurs :*

*Nour elhouda, Khaira, Djahida, Chahinez, Wafa , Sarah*

*A mon très cher frère :*

*Mahmoud Haroun*

*A toute la famille surtout ma chère grand-père, que Dieu tout puissant vous garde et vous procure santé, bonheur et longue vie.*

*A l'âme de ma chère grand-mère Bakhta .*

*A mes belles amies les plus près dans mon cœur : La belle rose Fatima, Ibtissam, Batoul, Ahlem, Djihane, Fatna, Imane.*

*A nos camarades de promo d'agro-alimentaire et contrôle de qualité.*

**Liste des Tableaux**

	<b>Page</b>
<b>Tableau 1:</b> Répartition de l'eau sur la terre.....	6
<b>Tableau 2:</b> Les différences entre les eaux superficielles et les eaux souterraines.....	8
<b>Tableau 3:</b> Classification des eaux d'après leur pH.....	14
<b>Tableau 4:</b> Minéralisation des eaux en fonction de la conductivité électrique.....	15
<b>Tableau 5:</b> Classification des eaux en fonction de la turbidité.....	15
<b>Tableau 6:</b> Normes des paramètres physico-chimiques.....	20
<b>Tableau 7:</b> les normes algériennes de qualité physico- chimique de l'eau potable.....	21
<b>Tableau 8:</b> les paramètres physicochimiques selon l'OMS et le journal officiel Algérie.....	22
<b>Tableau 9:</b> facteurs microbiologiques selon l'OMS et le journal officiel algérien.....	23
<b>Tableau 10:</b> Détermination de la conductivité et classée en eau de qualité.....	42
<b>Tableau 11:</b> Détermination de la minéralisation à partir de la conductivité.....	43
<b>Tableau 12:</b> Les résultats des analyses physico-chimiques d'eau potable de la région Hassi R'mel. .	57
<b>Tableau 13:</b> La température des eaux potables étudiée en unité °C.....	58
<b>Tableau 14:</b> Teneur de TDS NTU et la Salinité g/l des eaux potables analysées.....	60
<b>Tableau 15:</b> Teneur en nitrites des eaux étudiées (en mg/l).....	68
<b>Tableau 16:</b> Teneur en nitrites des eaux étudiées (en mg/l).....	69
<b>Tableau 17:</b> Paramètres bactériologiques des eaux potables étudiées dans la zone Hassi r'mel.....	70

<b>Liste des figures</b>	<b>Page</b>
<b>Fig. 1 :</b> Cycle de l'eau dans la nature.....	4
<b>Fig. 2 :</b> Schéma d'une nappe libre. ....	7
<b>Fig. 3 :</b> Schéma d'une nappe captive. ....	7
<b>Fig. 4:</b> Oxydation de l'azote ammoniacal .....	17
<b>Fig.5:</b> présentation de la région d'étude.....	24
<b>Fig.6:</b> les Garas. ....	25
<b>Fig.7:</b> les Dayas.....	26
<b>Fig.8:</b> les Cuestas. ....	26
<b>Fig.9:</b> les Glacis. ....	27
<b>Fig.10:</b> le plateau.....	27
<b>Fig.11:</b> Carte géologique du champ de Hassi R'Mel. ....	28
<b>Fig.12:</b> représenté log Stratigraphique de la région de Hassi R'mel.....	30
<b>Fig.13:</b> les Bourbiers.....	33
<b>Fig.14:</b> variation de la précipitation moyenne annuel de la région de Hassi R'mel.....	35
<b>Fig. 15:</b> Variation de la précipitation moyenne mensuel de la région de Hassi R'mel (Période2008-2017). .....	36
<b>Fig.16:</b> Variation moyenne mensuelle de la température de la région de Hassi R'mel (2008-2017). ...	36
<b>Fig.17:</b> Variation de l'humidité moyenne mensuelle de la région de Hassi R'mel (2008-2017).....	37
<b>Fig.18:</b> Répartition mensuelle de vent maximal de la région de Hassi R'mel (2008-2017). ....	38
<b>Fig.19:</b> Répartition mensuelle d'évaporation totale en mm de la région de Hassi R'mel (2008-2017).38	38
<b>Fig.20:</b> Durée mensuelle d'insolation en heure de la région de Hassi R'mel (2008-2017). ....	39
<b>Fig.21:</b> Diagramme d'Ombrothermique de Gaussen de la région de Hassi R'mel (2008-2017).....	40
<b>Fig.22:</b> l'appareille multi- paramètre (HI 2550 pH/ORP et EC/TDS/NaCL Meter de marque Huc.....	41
<b>Fig.23:</b> Dosage de la dureté totale.....	44
<b>Fig.24:</b> dosage de calcium.....	45
<b>Fig.25:</b> spectrophotomètre à émission de flammes. ....	46
<b>Fig.26:</b> Spectrophotomètre UV visible utilisé pour la détermination du taux des nitrates. ....	48
<b>Fig.27:</b> Photo montre les boîtes de pétri collé par le milieu TGEA pour dénombrement des germes totaux. .....	51
<b>Fig.28:</b> schéma présente les étapes de dénombrement des germes totaux. ....	52
<b>Fig.29:</b> Photo montrant les boîtes de pétri collé par le milieu BCPL pour dénombrement des coliformes. .....	52
<b>Fig.30:</b> Recherche et dénombrement des coliformes. ....	54
<b>Fig.31:</b> recherche et dénombrement des streptocoques fécaux. ....	56
<b>Fig.32:</b> pH des eaux potables étudiés.....	58
<b>Fig.33:</b> Teneur de Minéralisation mg/l et la conductivité $\mu\text{s}/\text{cm}$ des eaux potables analysées. ....	59
<b>Fig.34:</b> La Dureté totale ou titre hydrométrique des eaux potables analysées (en mg/l).....	60
<b>Fig.35:</b> la teneur en calcium des eaux potables analysé.....	61
<b>Fig.36:</b> la teneur en magnésium des eaux potables analysées.....	62
<b>Fig.37:</b> la teneur en $\text{Na}^+$ mg/l des eaux potables échantillonnées. ....	63
<b>Fig.38:</b> la teneur en $\text{K}^+$ mg/l des eaux potables échantillonnées. ....	64
<b>Fig.39:</b> Teneur de chlorures des eaux analysées. ....	65
<b>Fig.40:</b> Teneur de Sulfates des eaux analysées. ....	66
<b>Fig.41:</b> Teneur en Bicarbonates des eaux analysées. ....	67
<b>Fig.42:</b> teneur de phosphate des eaux potables analysées.....	67
<b>Fig. 43:</b> les teneurs en Nitrate dans les eaux potables analysées. ....	68

## Liste des abréviations

**A.D.E** : Algérienne Des Eaux

**CEE** : Communauté économique européenne

**DJA** : la dose journalière admissible

**MES** : matière en suspension

**OMS** : Organisation mondiale de la santé

**PH** : Potentiel d'hydrogène

**TDS** : Solide totaux dissous.

**UV** : Ultraviolet.

**C°** : Degré Celsius

**Cond** : conductivité électrique

**dS/m**: désiemens/mètre

**E.D.T.A**: Acide Ethylène Diamine Tétraacétique

**F°**: Degré Français

**g**: Gramme

**Km**: kilomètre

**meq/l**: milliéquivalent par litre

**mm**: millimètre

**mg/l**: milligramme par litre

**NTU**: Néphlometric turbidity unit ( unité néphlométrique de Turbidité)

**O.M.S** : Organisation Mondiale de la Santé

**PH**: potentiel d'hydrogène

**Sal** : salinité

**T**: Température

**TA**: Titre alcalimétrique

**TAC**: Titre alcalimétrique complet

**TDS**: Taux des Sels Dissous

**TH** : Titre Hydrotimétrique

**UFC/100ml**: Unité forme colonie

**µg/l**: Microgramme/litre

**µm**: micromètre

**µS/cm**: micro Siemens par centimètre

**%** : Pourcentage

**BCPL** : Bouillons Lactose au Pourpre de Bromocrésol

**D/C** : Double Concentration

**NPP** : Nombre Plus Probable

**Introduction :**

L'eau est la source vitale, elle est indispensable pour toutes activités agricoles et industrielles notamment agroalimentaire.

L'eau se présente sur la terre sous trois formes (solide, liquide et vapeur) et selon divers qualités. Elle est à la base de l'activité métabolique et constitue l'essence de la vie de toute la biosphère. L'eau est indispensable au développement, à l'hygiène, à la santé et aux loisirs. (Gartet et *al*, 2001).

La plus grande partie des eaux du globe terrestre sont marines (97%). Les eaux douces ne représentent qu'une partie mineure 3%. Elles constituent cependant une source important d'eau potable. (F. Boucenna, 2009).

L'eau destinée à l'alimentation humaine doit présenter un certain nombre de critères aussi bien organoleptique, physicochimique et microbiologique car, elle constitue un réservoir important pour la survie et la dissémination de microorganisme (bactéries, virus, protozoaires et parasites), ce qui la rend impropre a la consommation humaine. Ces microorganismes véhiculés directement ou indirectement, sont pathogènes pour l'homme. Ils sont à l' origine de nombreuses maladies infectieuses (Choléra, hépatite A...) dites maladies à transmission hydrique. (Nanfack et *al*, 2014).

Selon l'OMS (2005), chaque année 1,8 millions de personnes dont 90% d'enfants de moins de cinq ans, vivant pour la plupart dans les pays en développement meurent de maladies diarrhéiques (y compris du choléra)

La croissance de la demande en eau (multipliée par quatre en quarante ans), notamment dans le Nord du pays et dans les zones urbaines, a poussé l'Algérie a prendre des mesures pour mieux exploiter toutes les ressources en eau disponibles. Cette eau doit être en normes et satisfaire les dispositions proposées par la pharmacopée mondiale (BOUZIANI, 2000).

Compte tenu la progression de la demande en eau qui a connu la région industrielle de Hassi R'mel au cours de ces dernières années à cause de l'installation des nouveaux unités industrielles et les nombreuses difficultés que les rencontrent les habitants de cette région à climat aride dans l'accès à l'eau douce et leurs nombreuses contestations sur la qualité de l'eau du robinet.

Notre travail consiste à apporter sur l'évaluation de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux potables distribuées au niveau de cette région industrielle. Dans le but de :

- apprécier la potabilité d'eau de robinet.
- Déterminer la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau potable dans la zone industriel Hassi r'mel –wilaya de Laghouat.
- Etude d'investigation sur l'eau potable et comparaison des résultats avec l'Organisation mondiale de la santé et Connaître l'impact des industries sur l'eau potable dans cette région.

Ce travail, consiste à réaliser après une première partie qui est une synthèse bibliographique, une deuxième partie consacrée à des analyses physicochimiques, bactériologiques de quelques eaux potables existence dans la zone industriel Hassi r'mel wilaya de Laghouat. Algérie .et la dernière partie portera sur les résultats obtenus et leurs interprétations et enfin conclusion.

**Table des Matières****Page**

Liste des tableaux .....	I
Liste des figures.....	II
Liste des abréviations.....	III
Introduction.....	1
I-Généralité .....	3
I-1 Définition et Composition de l'eau .....	3
I-2 Types d'eau - Répartition de l'eau Types d'eau - Répartition de l'eau.....	3
I.3 - Le cycle naturel de l'eau.....	3
1.4 - Répartition de l'eau sur la planète .....	4
1.5 - Les réserves naturelles en eau douce .....	6
1.5.1 - Eaux souterraines .....	6
1.5.2. Eau de surface .....	8
1.6 - Evaluation des ressources hydriques en Algérie.....	8
II - L'eau Vitale .....	9
II.1- L'importance de l'eau .....	9
II.1.1 - L'eau dans l'alimentation.....	9
II.1.2 - L'eau dans l'organisme humain.....	9
II.1.3 - L'eau dans les aliments .....	9
II.1.4 - L'eau dans l'industrie.....	10
II.1.5 - L'eau dans l'agriculture .....	10
II.2 - L'eau potable.....	10
II.2.1 - Définition .....	10
II.2.2 - Cycle de l'eau potable (Cycle domestique de l'eau, appelé aussi cycle anthropique de l'eau).....	11
II.2.3 - Type de l'eau potable .....	11
II.2.4 - Qualité des eaux Potables.....	13
II.2.4.2 - Paramètres physicochimiques .....	14
II.2.5 - Normes de la qualité de l'eau potable.....	18



## **I-Généralité**

### **I-1 Définition et Composition de l'eau**

L'eau est le principal constituant de tous les êtres vivants (bactéries, champignons, Plantes, arbres, animaux, hommes). Les êtres humains sont constitués en moyenne de 70 % d'eau tandis que les méduses en contiennent plus de 90 %.(Michard, 2002).

L'eau est partout présente dans la nature. C'est un liquide incolore, inodore, sans saveur, de pH neutre et c'est un excellent solvant entrant dans la composition de la majorité des organismes vivants(Bernard, 2007).

L'eau est la seule substance sur terre qui existe naturellement sous ses trois états:

1. L'état gazeux (vapeur), correspond exactement à la formule  $H_2O$  et en particulier au modèle angulaire;
2. L'état solide (glace, neige), l'arrangement élémentaire consiste en une molécule d'eau centrale et quatre périphérique, l'ensemble affectant la forme d'un tétraèdre;
3. L'état liquide (océans, rivières), il y a association de plusieurs molécules par des liaisons particulières dites liaisons hydrogène, chaque atome d'hydrogène d'une molécule d'eau étant lié à l'atome d'oxygène de la molécule voisine. Dans l'espace la molécule est tétraédrique. (Bernard, 2007).

### **I-2 Types d'eau - Répartition de l'eau**

L'eau recouvre presque les trois quarts de la surface de notre planète. C'est pour cette raison que celle-ci porte le doux surnom de « planète bleue ».

Une eau pure est une eau de haute qualité garantissant une bonne santé. Par contre, l'eau dans la nature contient une très grande variété de matières dissoutes telles des éléments minéraux (calcium, magnésium, sodium,...etc.), des éléments organiques (déchets, microorganismes,...) contient même des gaz. On ne la rencontre jamais à l'état pur (Hervey et Hems, 1986).

Cette impureté est en étroite relation avec la nature du sol qu'elle emmagasine ainsi que l'ambiance atmosphérique (Bouhekima et al, 2000).

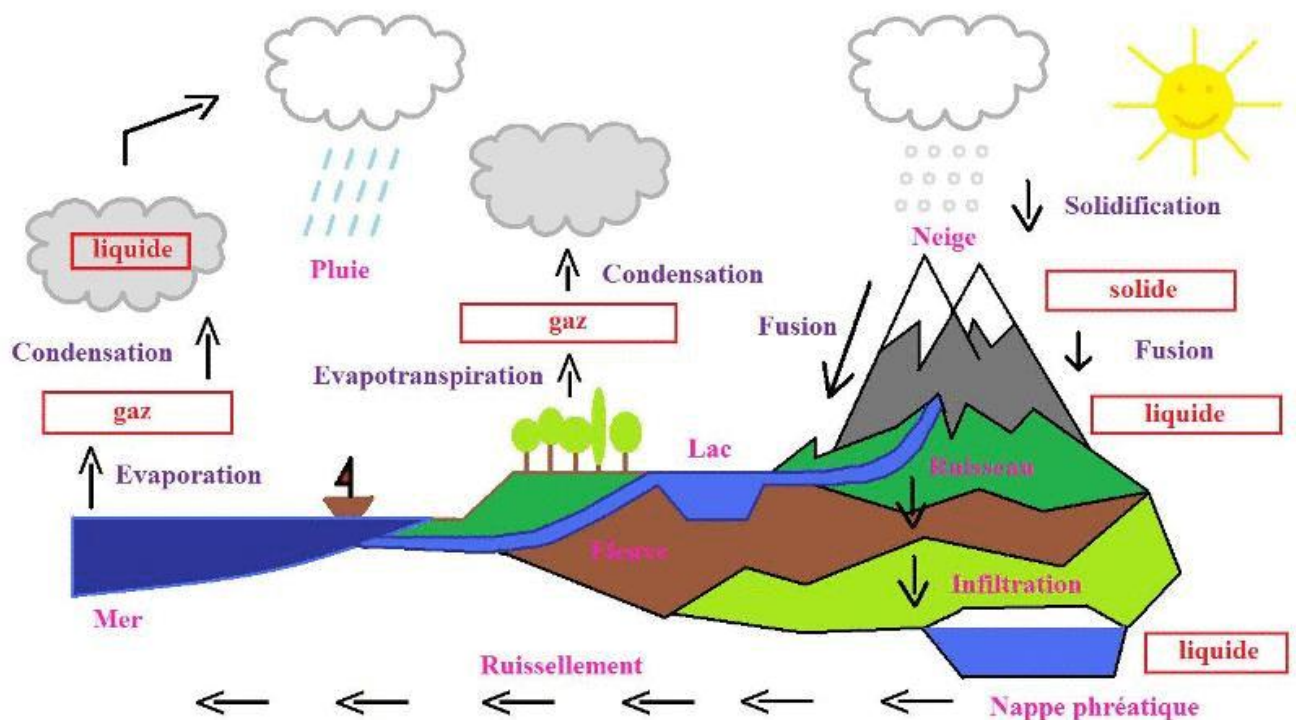
### **I.3 - Le cycle naturel de l'eau**

L'eau est un élément fondamental de la vie, recouvrant 72% de la surface de la terre, et représentant une réserve totale de 1350 milliards de  $km^3$  dans la biosphère. Ce volume est

constant et stable depuis 3 milliards d'années. L'eau suit de façon perpétuelle un cycle de renouvellement à l'échelle terrestre (Lelerc et al, 1977)

La source principale d'eau douce provient de l'évaporation, sous l'effet du soleil, des océans, rivières et des lacs, ainsi que l'évapotranspiration des végétaux.

Cette vapeur d'eau se condense dans l'atmosphère, retombe sous forme de précipitations pluvieuses ou neigeuses et parvient aux cours d'eau soit: directement par ruissellement ou indirectement par infiltration: Stockage dans les nappes, les puits et les restitutions aux cours d'eau à la faveur des exigences. (Vilagines, 2000).



Source : [https://www.ilephysique.net/chimie\\_5-eau-dansenvironnement-alimentation.php](https://www.ilephysique.net/chimie_5-eau-dansenvironnement-alimentation.php)

Fig.1 : Cycle de l'eau dans la nature.

#### 1.4 - Répartition de l'eau sur la planète

Dans l'optique de son utilisation par l'homme, les aspects quantitatifs et qualitatifs de l'eau sont étroitement liés :

- 97% de l'eau se trouve dans l'océan... mais elle est salée ;
- L'atmosphère, qui retient seulement un cent millième de l'eau douce, joue cependant un rôle clé dans le cycle hydrologique par le recyclage rapide qu'elle assure :

- Les calottes polaires, notamment celle de l'Antarctique, stockent les trois quarts de l'eau douce de la planète, cette réserve étant malheureusement inaccessible,
- L'eau que nous utilisons provient essentiellement des lacs, des cours d'eau et des nappes d'eau souterraine. Si pour l'essentiel ces ressources sont renouvelables, il existe des gisements d'eaux souterraines dites : « fossiles » peu impliqués dans le cycle de l'eau compte tenu de leur profondeur (jusqu'à 1 000 m), qui constituent des stocks quasi non renouvelables à l'échelle humaine : le renouvellement n'est jamais nul mais il est très lent, de l'ordre de plusieurs millénaires ou dizaines de millénaires. Accessoires à l'échelle mondiale, mais capitaux pour quelque pays, ces gisements d'eaux souterraines « fossiles » constituent par exemple d'importantes réserves d'eau de bonne qualité dans les grands bassins du Sahara et de la Péninsule arabique :
  - Arabie Saoudite : 500 milliards de m<sup>3</sup> ;
  - Jordanie : 30 milliards de m<sup>3</sup> ;
  - Lybie (nappe de Kuffra) : 3 400 milliards de m<sup>3</sup> ;
  - Lybie (nappe de Murzuk) : 4 800 milliards de m<sup>3</sup>.
  - Ou l'Algérie

L'exploitation de ces eaux souterraines « fossiles » n'est pas seulement « minière » par les techniques de recherches et de production, mais aussi parce que ces gisements d'eau s'épuisent comme des gisements de pétrole ou de minerai. Enfin, des nappes aquifères, réparties sur plusieurs pays, peuvent provoquer des situations conflictuelles.(Alain Maurel ,2006).

En comparant les flux des différentes parties de l'hydrosphère aux volumes de chacun des réservoirs, on peut estimer la durée de renouvellement moyen de chacun d'eux, soit :

- 2 500 ans pour les océans ;
- De 1 000 à 10 000 ans pour les glaciers et les calottes glaciaires ;
- 1 500 ans pour l'ensemble des eaux souterraines ;
- 17 ans pour les lacs d'eau douce ;
- 1 an pour l'humidité des sols ;
- 8 jours pour l'atmosphère ;
- 16 jours pour les cours d'eau.

**Tableau 1:** Répartition de l'eau sur la terre.

Réservoirs	Volume (10 <sup>15</sup> m <sup>3</sup> ) <sup>a</sup>	% Total	Temps de résidence
Océans	1 3500	97	2 500 ans
Glaciers (calotte glaciaire)	33	2.4	1 000 à 10 000 ans
Eaux souterraines	8	0.6	1 500 ans
Lacs	0.1	<0.01	17 ans
Eau dans le sol	0.07	<0.01	1 an
Eau dans l'atmosphère	0.013	<0.001	8 jours
Rivières	0.0017	0.0001	16 jours
Eau dans la matière vivante	0.0011	0.0001	Quelques heures
Total	1 391	100	

## 1.5 - Les réserves naturelles en eau douce

Les réserves disponibles d'eaux naturelles sont constitués des eaux souterraines (nappes) et des eaux de surface retenus ou en écoulement (barrages, lacs, rapiers, oueds...etc.) et des eaux de mer (Dégréement, 1989).

### 1.5.1 - Eaux souterraines

Les eaux, qui ne se sont ni évaporées ni retournées à la mer par ruissellement, s'infiltrent dans le sol et le sous-sol et s'y accumulent pour constituer les eaux souterraines. La pénétration et la rétention des eaux dans le sol dépendent des caractéristiques des terrains en cause et notamment de leur structure qui peut permettre la formation de réservoirs aquifères appelés nappes. (Dégréement, 2005).

#### 1.5.1.1 - Les nappes

##### 1. Définitions

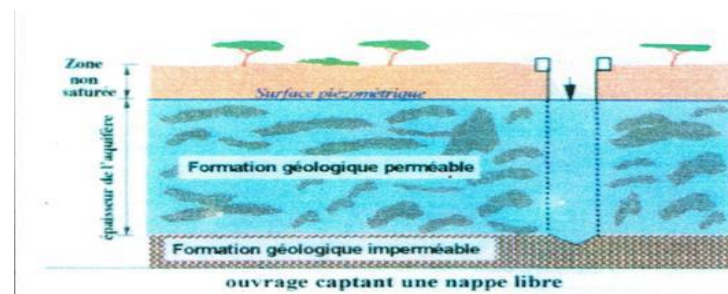
« L'aquifère », ou encore la nappe d'eau souterraine est un gisement d'eau souterraine utilisable comme source d'eau (Kettab, 1992). Une nappe est constituée par l'ensemble de l'eau qui

occupe les interstices de roches poreuses dans un domaine défini par son épaisseur et son étendue (Pomerol et Renard, 1997).

## 2. Les différents types de nappes

### a) Nappe libre

C'est une nappe qui peut se développer librement vers le haut puisque le terrain perméable, siège d'une nappe aquifère, n'est pas couvert par une couche imperméable (BONNIN J, 1982).

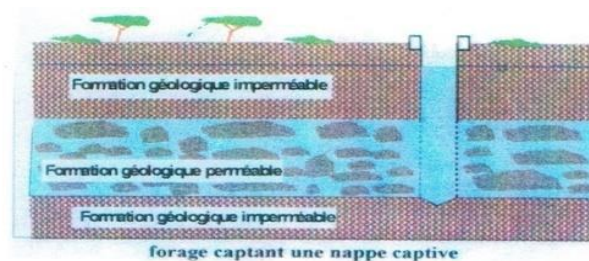


Source : (Ghedda, 2005)

**Fig.2** :Schéma d'une nappe libre.

### b) Nappe captive

Lorsque la couche perméable est emprisonnée entre deux couches imperméables, la nappe ne peut se développer vers le haut et est alors appelée nappe captive (BONNIN J, 1982)



Source : (Ghedda, 2005)

**Fig.3** : Schéma d'une nappe captive.

Les nappes peuvent être classées en nappes phréatiques et nappes profondes.

- Les nappes phréatiques sont celles qui reposent sur la première couche imperméable proche du niveau du sol, sont toujours libres et souvent contaminées.
- Les nappes profondes dites subordonnées reposent sur une couche perméable plus profonde et peuvent être libres ou captives (Dupont, 1974).

La plus grande nappe phréatique du monde Nappe de l'Albien se trouve en grande partie dans le Sahara algérien, elle est la plus grande réserve d'eau douce au monde. Elle contient plus de

50 000 milliards de mètres cubes d'eau douce, l'équivalent de 50 000 fois le barrage de Beni Haroun qui se trouve à l'est du pays et qui alimente six wilayas limitrophes. (<https://www.aquaportail.com/definition-5538-eau-saline.html>)

### 1.5.2. Eau de surface

Les eaux de surface sont des eaux qui circulent ou qui sont stockées à la surface des continents. Elles ont pour origine, soit des nappes souterraines dont l'émergence constitue une source, soit les eaux de ruissellement. (Rapinat, 1982)

**Tableau 2:** Les différences entre les eaux superficielles et les eaux souterraines.

Caractéristique	Eaux de surface	Eaux de souterraines
Température	Variable suivant saisons.	Relativement constant.
Turbidité, MES	Variable, parfois élevée.	Faible ou nulle.
Couleur	Liée surtout aux MES (argile, algues) sauf dans les eaux très douces et acides (acides humique).	Liée surtout en matière solution (acides humique par exemple).
Minéralisation Globale	Variable en fonction des terrains de précipitation des rejets...	Sensiblement constante générale nettement plus élevée que dans les eaux de surfaces la même région
Fe et Mn divalents (à l'état dissous)	Généralement absents	Généralement présents
CO <sub>2</sub> agressif	Généralement absents	Souvent présent en grande quantité
O <sub>2</sub>	Le plus souvent au voisinage de la saturation, absent dans le cas d'eaux très polluées	Absent la plupart du temps
Nitrates	Peu abondants en général	Teneur parfois élevé
Micropolluants Minéraux et Organique	Présents dans les eaux de pays développés mais susceptibles de disparaître rapidement après suppression de la source	Généralement absent, mais une pollution accidentelle subsiste beaucoup plus longtemps
Éléments vivants	Bactéries (dont certaines pathogènes), virus, plancton (animal, et végétal)	Férobactéries fréquentes

*Source : (Degrement, 1989).*

### 1.6 - Evaluation des ressources hydriques en Algérie

L'Algérie est un pays semi-aride et aride, dans lequel les ressources en eau sont généralement faibles et surtout extrêmement irrégulières et localisées :

Dans le Sahara, les lits d'oueds recèlent quelques nappes phréatiques souvent saumâtres : Ghir, M'Zab, Saoura, etc. sinon, ce sont des nappes profondes, semi-fossiles ou fossiles, et qui sont très peu utilisées. Dans le nord d'Algérie l'apport principale vient du ruissellement, après précipitation. Le régime d'un oued est caractérisé par le fait que durant des mois, voire des années, le lit mal délimité est parcouru par un filet d'eau trompeur et que, tout-à-coup, et pendant un temps bref, il roule jusqu'à 5000 m<sup>3</sup>/second provoquant une crue dévastatrice. En effet, elles sont

croissantes d'Ouest en Est et affectent successivement les Monts de Tlemcen, le versant nord de l'Ouarsenis, le massif de la Kabylie, le nord Constantinois et enfin le massif des Aurès. (Arrus, 1985).

## **II - L'eau Vitale**

### **II.1- L'importance de l'eau**

L'eau est un élément constitutif du milieu naturel dans l'écosystème, c'est également un élément indispensable à toute forme de vie sur notre planète et recouvre les 3/4 de la surface du globe terrestre et elle se présente sous multiples formes Pluie, glace, neige, etc.; sans oublier l'eau contenue dans le sol et la végétation (Anglaret et Mortier, 2002). L'eau est un élément indispensable à la vie humaine. Elle entre dans la composition du corps humain et la plupart des aliments. Elle est utilisée en alimentation humaine et animale, en industrie, en agriculture et autres secteurs. De part sa consommation, elle joue également un rôle important dans la transmission des maladies hydriques par les agents pathogènes qu'elle véhicule (Guerd et Mesghouni, 2007).

#### **II.1.1 - L'eau dans l'alimentation**

Sans eau, l'homme ne peut pas survivre. Il en est de même pour tous les êtres vivants. Les aliments déshydratés ne peuvent permettre, sans apport complémentaire d'eau, le développement et la reproduction normale des êtres vivants (GrosndeetCoord, 1999). L'eau est très importante dans l'alimentation de l'homme, où elle permet de compenser les pertes hydriques par un apport de 2,2litres dont 1,2litres sous forme de boissons de toute nature et 1 litre représentant l'eau contenue dans les aliments (Degremont, 1989).

#### **II.1.2 - L'eau dans l'organisme humain**

L'eau est quantitativement le constituant majoritaire du corps humain. Même si la teneur des différents tissus est variable 10% pour l'ivoire des dents, 22% pour les os, 25% pour les masses grasses, 75% pour les muscles striés et 90% pour le plasma, Elle représente 60% du poids du corps de l'adulte mâle et 55% de celui de la femme(Degremont, 1989 ; Turcelin, 1998)

Elle diminue avec l'âge. Peu après sa conception, le fœtus en contient 95%, après sa naissance le bébé joufflu 80%, l'adulte de 55% à 60% (selon le sexe) et les vieillards dont les rides se creusent 50% seulement. (Degremont, 1989 ; Genin et al, 2003).

#### **II.1.3 - L'eau dans les aliments**

L'eau entre à des proportions variables dans la composition de tous les aliments. Elle est indispensable pour donner aux aliments la texture requise et permettre les réactions biochimiques

qui président à leur transformation. Les enzymes présents naturellement dans les aliments en cause d'origine microbienne sont appliqués dans de nombreuses biotransformations, Ils ne peuvent agir que si une certaine quantité d'eau est disponible. Cette exigence en eau conditionne en particulier les fermentations mais aussi la plus parts des dégradations indésirables du produit de sa récolte à sa consommation (Degremont, 1989).

#### **II.1.4 - L'eau dans l'industrie**

L'eau est utilisée dans l'industrie à différentes fins :

- De façon directe: elle peut être utilisée dans l'entretien (lavage, nettoyage), soit dans le transport hydraulique, soit dans le refroidissement.
- De façon indirecte: dans la production de différents aliments.

Les besoins en eau de l'industrie alimentaire sont certes importants et divers (Degremont, 1989 ; GroscondeetCoord, 1999).

#### **II.1.5 - L'eau dans l'agriculture**

De tous les secteurs qui utilisent l'eau douce, c'est l'agriculture qui représente 70% des prélèvements mondiaux de sources naturelles. Toutes les plantes absorbent de l'eau, cette consommation est une nécessité pour leur croissance et leur reproduction, faut en effet 500 -1000 litres d'eau pour fabriquer 1kg de grain (blé, riz, maïs, orge, soja). Dans certains pays, l'irrigation représente jusqu'à 95% de toute utilisation d'eau et joue un rôle important dans la production de nourriture et la sécurité alimentaire.

L'agriculture irriguée peut entraîner une grande concurrence puisqu'elle représente de 3% à 90% de l'utilisation d'eau dans certaines régions (Lecoq et Manuel, 1965 ; Ramade, 1981)

### **II.2 - L'eau potable**

#### **II.2.1 - Définition**

Une eau potable est une eau que l'on peut boire sans risque pour la santé selon l'organisation mondiale de la santé. C'est une eau exempte de germes pathogènes (bactéries, virus) et d'organismes parasites, car les risques sanitaires liés à ces micro-organismes sont grands. Ses caractéristiques de potabilité répondent à des normes établis soit au niveau national, ou international. Son accessibilité est variable d'une région à l'autre du fait des phénomènes climatiques, géographiques, socioculturels et économiques. Ce qui peut amener les populations à utiliser des eaux de qualité douteuse. D'où l'intérêt d'une surveillance et d'un contrôle codifié et rigoureux de la qualité de l'eau de consommation depuis la source d'approvisionnement, quel

qu'en soit le type, au consommateur. L'objectif principal étant de préserver la santé de la population. La loi n° 85-05 du 16 février 1985 relative à la protection et la promotion de la santé, en particulier les articles 32, 33 et 34 du chapitre II qui insistent sur les mesures de protection de l'environnement et en particulier de l'eau. En effet, la consommation d'une eau suspecte expose à un risque de maladie. Le risque majeur étant la survenue de maladies à transmission hydrique (MTH) suite à une contamination fécale humaine ou animale. L'approvisionnement en eau potable se fait soit à partir d'eaux souterraines par le biais d'ouvrages tels que les forages, les puits et les sources soit à partir d'eaux de surface par le biais de retenues d'eau ou barrages avec acheminement de l'eau dans un réseau de canalisations (Rapport sur la surveillance de la qualité de l'eau potable en Algérie, 2008, Institut National De Sante Publique).

### **II.2.2 - Cycle de l'eau potable (Cycle domestique de l'eau, appelé aussi cycle anthropique de l'eau)**

L'homme dévie l'eau de son milieu naturel pour ses propres besoins. C'est le cycle anthropique de l'eau. La circulation de l'eau résulte de l'intervention humaine, depuis les points de captage jusqu'aux stations d'épuration avant un retour au milieu naturel.

### **II.2.3 - Type de l'eau potable**

Les eaux de boisson destinées à la consommation humaine répondent à diverses appellations (eau de robinet, eau de source, eau minérale...).

C'est le décret exécutif 04-196 en date du 15 juillet 2004 (Jora, 2004) qui définit et réglemente les eaux minérales naturelles et les eaux de source.

Auparavant, c'était l'arrêté du 26 juillet 2000 qui réglementait l'exploitation de l'eau minérale.

#### **II.2.3.1 - Les eaux du robinet**

L'eau du robinet ou eau de distribution, est une eau potable que l'on peut boire sans risque pour la santé. Afin de définir précisément une eau potable, des normes ont été établies qui fixent notamment les teneurs limites à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances nocives et susceptibles d'être présentes dans l'eau. (Gassambe, 2012).

#### **II.2.3.2 - Les eaux de source**

L'eau de source est directement potable à l'état naturel car elles sont issues de nappes d'eaux souterraines non polluées, profondes ou protégées des rejets dus aux activités humaines. (Jora, 2004). Elles sont classées en :

### **Eau de source**

L'eau de source est une eau de source introduite au lieu de son émergence, telle qu'elle sort du sol, dans des récipients de livraison au consommateur ou dans des canalisations l'amenant directement dans ces récipients. (Jora, 2004).

### **Eau de source gazéifiée**

L'eau de source gazéifiée désigne une eau de source qui, sous réserve des traitements éventuels autorisés, est rendue effervescente par addition de gaz carbonique (Jora, 2004).

### **II.2.3.3 - Les eaux minérales**

Les eaux minérales sont des eaux microbiologiquement saines, souterraines donc provenant d'une nappe ou d'un gisement souterrain et ayant des propriétés particulières : leur pureté originelle, leur source unique tenue à l'abri de tout risque de pollution et leur teneur constante et spécifique en sels minéraux, oligo-éléments ou autres constituants (Gassambe, 2012).Elles sont classées en :

#### **Eau minérale naturelle non gazeuse**

L'eau minérale naturelle non gazeuse est une eau minérale naturelle qui, à l'état naturel et après traitement éventuel autorisé, et conditionnement, ne contient pas de gaz carbonique libre en proportion supérieure à la quantité nécessaire pour maintenir dissous les sels hydrogénocarbonates présents dans l'eau.

#### **Eau minérale naturelle naturellement gazeuse**

Une eau minérale naturelle non gazeuse est une eau minérale naturelle qui, à l'état naturel et après traitement éventuel, compte tenu des tolérances techniques usuelles, ne contient pas de gaz carbonique libre en proportion supérieure à la quantité nécessaire pour maintenir dissous les sels hydrogénocarbonates présents dans l'eau.

#### **Eau minérale naturelle dé gazéifiée**

Une eau minérale naturelle dé gazéifiée est une eau minérale naturelle dont la teneur en gaz carbonique, après traitement éventuel conformément à la section 3.1.1 et conditionnement, n'est pas la même qu'à l'émergence et qui ne dégage pas visiblement et spontanément de gaz carbonique dans des conditions normales de température et de pression.

#### **Eau minérale naturelle renforcée au gaz carbonique de la source**

L'eau minérale naturelle renforcée au gaz carbonique de la source est une eau minérale naturelle dont la teneur en gaz carbonique, après traitement éventuel autorisé et conditionnement, n'est pas la même qu'à l'émergence et qui fait l'objet d'adjonction en gaz carbonique émanant de la source.

### **Eau minérale naturelle gazéifiée**

L'eau minérale naturelle gazéifiée est une eau minérale naturelle rendue gazeuse, après traitement éventuel autorisé et conditionnement, par addition de gaz carbonique d'autreProvenance(Jora, 2004).

## **II.2.4 - Qualité des eaux Potables**

Pour être consommée, l'eau doit répondre à des critères de la qualité très stricte fixée par le ministre de la santé et le conseil supérieur du secteur d'hygiène publique. Les normes définissant une eau potable sont variables suivant la législation en vigueur. (O.M.S, 1977).Il existe plusieurs critères pour une eau propre à la consommation. Ces critères, décidés selon le principe de précaution maximal qui permet de protéger les personnes dont la santé est les plus fragiles. (O.M.S, 1977).

### **II.2.4.1 - Paramètres organoleptiques**

#### **Couleur**

La couleur d'une eau est une propriété optique consistant à modifier la composition spectrale de la lumière visible transmise. La colorisation d'une eau est dite apparente ou vraie.

La couleur apparente d'une eau est due aux substances dissoutes et aux matières en Suspension, elle est déterminée dans l'échantillon d'eau d'origine sans filtration, ni centrifugation. La couleur vraie « réelle » d'une eau est due seulement aux substances dissoutes, elle est déterminée après filtration de l'échantillon d'eau à travers une membrane de 0,15 µm. (Rodie, 1984 ; BelhouadjebetToaiba ,2006)

#### **Odeur et Saveur**

Ces deux propriétés sont simultanément excités et ils sont extrêmement difficile de les distinguer l'un de l'autre, sont extrêmement subjectives et il n'existe aucun appareil pour les mesurer. Les problèmes de goût et d'odeur sont la cause principale des plaintes formulées par les usagers. Les eaux de consommation doivent posséder un goût et une odeur « non désagréable ». (Direction des Affaires Sanitaires et Sociales de la Nouvelle-Calédonie, Elaborer et mettre en œuvre un plan de sécurité sanitaire des eaux 28 Guide 4 : Suivi de la qualité de l'eau, 2014)

### II.2.4.2 - Paramètres physicochimiques

#### a) Température

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. Celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels minéraux et surtout des gaz.

#### b) PH

Le pH d'une eau représente son acidité ou son alcalinité. Le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés ; les eaux très calcaires ont un pH alcalin et celles. Provenant des terrains pauvres en calcaires ou siliceux ont un pH proche de 7. (Habbai H. et Tirouma K., 2006).

**Tableau 3:** Classification des eaux d'après leur pH.

<b>pH</b>	<b>L'alcalinité ou l'acidité des eaux</b>
pH < 5	Acidité forte présence des minéraux ou matières organiques dans eaux naturelles
pH = 7	pH neutre
7 < pH < 8	Neutralité approchée majorité des eaux de surface
5,5 < pH < 8	Majorité des eaux souterraines
pH = 8	Alcalinité forte, évaporation intense

Source : (KIRDA, 1997)

#### c) Conductivité électrique

La conductivité électrique permet d'apprécier rapidement mais très approximativement la minéralisation de l'eau et de suivre son évolution. Elle est liée à la présence des espèces ioniques en solution sa valeur varie en fonction de la température ; elle est donnée à 25°C. La conductivité électrique s'exprime en millimhos/cm (mmhos/cm) ou en désiemens/m (dS/m). Elle est proportionnelle à la somme des cations ou des anions (Kirda, 1997 ; Abdelhafidi, 2005 ; Achour Et Guergazi, 2005 ; Alpha Sidiki., 2005 ; Durand, 1983).

**Tableau 4:** Minéralisation des eaux en fonction de la conductivité électrique.

<b>Conductivité</b>	<b>Minéralisation</b>
0 – 100 $\mu\text{S/cm}$	Minéralisation très faible Minéralisation faible Minéralisation moyenne accentuée Minéralisation accentuée Minéralisation importante
100 – 200 $\mu\text{S/cm}$	
200 – 333 $\mu\text{S/cm}$	
333 – 666 $\mu\text{S/cm}$	
666 – 1 000 $\mu\text{S/cm}$	
> 1 000 $\mu\text{S/cm}$	

Source : (ALPHA SIDIKI., 2005)

#### **d) Turbidité**

La turbidité d'une eau est due à la présence des matières en suspension à savoir : Argiles, grains de silice, matières organiques, etc. L'appréciation de l'abondance de ces matières mesure son degré de turbidité. Celui-ci sera d'autant plus faible que le traitement de l'eau aura été plus efficace (Rodier, 1980)

La classification des eaux en fonction de la turbidité est consignée dans le tableau suivant :

**Tableau 5:** Classification des eaux en fonction de la turbidité.

<b>Turbidité</b>	<b>Nature de l'eau</b>
NTU < 5	Eau claire
5 < NTU < 30	Eau légèrement trouble
NTU > 50	Eau trouble

Source : (Rodier, 1980)

#### **e) Dureté**

##### **- Dureté totale**

La dureté totale d'une eau indique globalement sa teneur en ions alcalino-terreux ; en Particulier l'ion calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) et magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) ; qui résultent principalement de l'infiltration des eaux de surface à travers les formations rocheuses calcaires et dolomitiques.

##### **- Dureté carbonatée (Dureté temporaire)**

Correspondant à la quantité d'ions alcalino-terreux qui peuvent être associées aux ions Hydrogénocarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ), qui précipitent lors de la cuisson sous forme de carbonates Alcalino-terreux insolubles (Thierunet Steffen, 2001).

#### **f) Alcalinité**

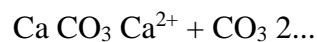
L'alcalinité d'une eau est due à la présence des bicarbonates, carbonates et hydroxydes, celles qui reçoivent des valeurs nulles de TA quand son pH initial est inférieur à 8,3. Le TAC s'exprime en degré française ( $^\circ\text{F}$ ), ou en milliéquivalent par litre, on déduit que

- 1 meq/l = 5 degrés françaises
- 1  $^\circ\text{F}$  = 3,4 mg/l (OH), (Hydroxyde)
- 1  $^\circ\text{F}$  = 6,0 mg/l ( $\text{CO}_3$ ), (Carbonates)
- 1  $^\circ\text{F}$  = 12,2 mg/l ( $\text{HCO}_3^-$ ), (Bicarbonates) (KIRDA, 1997; ACHOUR.S et GUERGAZIS, 2005).

#### **g) Cations**

##### ➤ **Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ )**

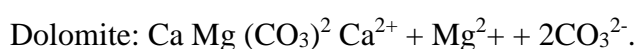
La présence des ions ( $\text{Ca}^{2+}$ ) est liée principalement à deux origines naturelles : soit à la dissolution des formations carbonatées ( $\text{CaCO}_3$ ), soit à la dissolution des formations gypseuses :



Avec le magnésium, il est responsable de la dureté de l'eau ; cette dureté de l'eau est exprimée par le titre hydrotimétrique (TH). Sur le plan de la santé, les eaux dures (à forte teneur en calcium) n'entraînent pas de conséquence. (BAZA, 2006; NEDJIMI, 2006).

##### ➤ **Magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ )**

Ses origines sont comparables à celles du calcium, car il provient de la dissolution des formations carbonatées à forte teneur en oxygène (magnésite et dolomite) ; selon l'équation suivante:



##### ➤ **Sodium ( $\text{Na}^+$ )**

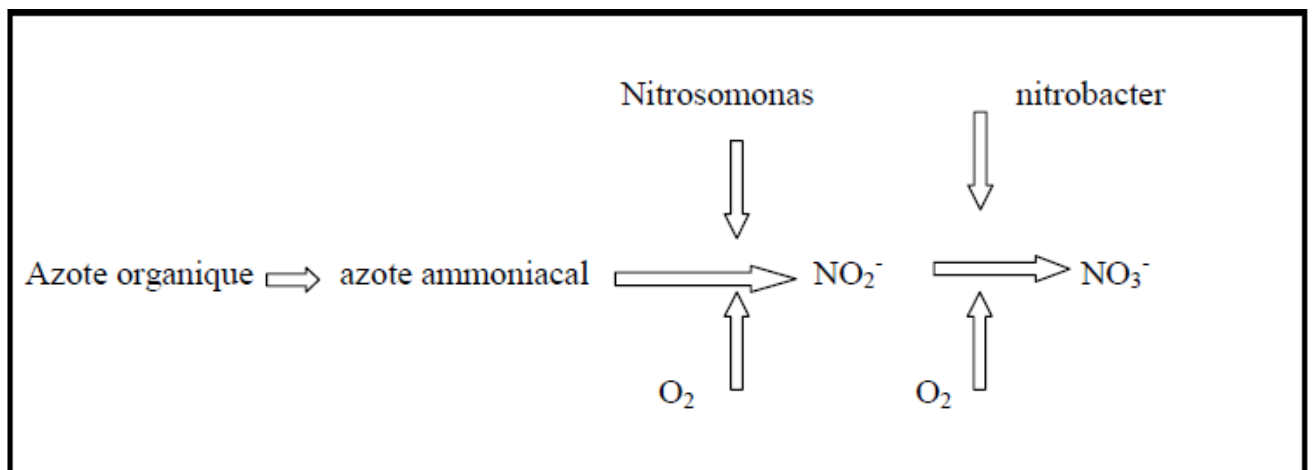
En raison de sa solubilité, le sodium est un élément fréquemment du pH de l'eau. Les ions ( $\text{CO}_3^-$ ) ne sont présents en concentration mesurable que dans les eaux dont le pH est supérieur à 8; tandis que les ions ( $\text{HCO}_3^-$ ) constituent la forme la plus abondante sous laquelle on trouve le carbone minéral. D'autre part la présence des  $\text{HCO}_3^-$  est liée à la nature lithologique des terrains traversés. (Nedjimi, 2006 ; Rieu, 1981 ; Kirda, 1997).

➤ **Potassium ( $\text{K}^+$ )**

Le potassium provient de l'altération des formations silicatées (gneiss, schiste), ainsi que les argiles, potassiques et de la dissolution des engrais chimiques. (Nedjimi, 2006 ; Kirda, 1997)

➤ **Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ )**

L'ammonium est la forme d'azote la plus toxique, sa présence dans l'eau est liée soit aux rejets urbains et industriels. L'azote ammoniacal se transforme assez rapidement en nitrite et nitrates par oxydation (Moumouni, 2005).



**Fig. 4 :** Oxydation de l'azote ammoniacal (Ramad, 1982).

**h) Anions**

➤ **Chlorure**

Les chlorures provenant essentiellement de la dissolution des sels naturels provoqués par les visages des formations salifères, ainsi que l'évaporation intense, dans des régions où le niveau piézométrique est proche, de la surface du sol. La présence des chlorures dans les eaux souterraines peut avoir une origine essentiellement agricole (engrais, pesticides ...etc.) ; industrielle et urbaine (eaux usées) (Achour et Guergazi, 2005 ; Durand, 1983 ; Berkani et Benarfa, 2005 ; Nedjimi, 2006).

➤ **Sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ )**

La présence des sulfates dans les eaux souterraines proviennent essentiellement de la dissolution des formations gypseuses selon la relation suivante :

$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$  ou de lessivage des terrains contenant les pyrites ; dont les sulfures entraînés s'oxydent en sulfate à l'air (Nedjimi, 2006 ; Abdelhafidi, 2005 ; Rieu, 1981).

➤ **Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )**

Les nitrates, en faible quantité dans les eaux souterraines proviennent de la nitrification de l'azote organique des sols par les bactéries et de l'oxyde d'azote atmosphérique apporté par la pluie, les teneurs anormalement élevés sont liées aux apports d'engrais chimiques ou organiques et aux rejets des eaux usées ; d'origine domestique et industrielle. (Rieu, 1981 ; Baza, 2006).

➤ **Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )**

Le nitrite ou azote nitreux, représente une forme moins oxygénée et moins stable, elle résulte de passage entre les nitrates et l'ammonium, c'est une forme toxique (Gilbert et Castany, 1998 ; Moussaet al, 2005).

➤ **Bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ )**

La présence des bicarbonates dans l'eau est due à la dissolution des formations carbonatées (calcaire) par des eaux chargées en gaz carbonique. L'équation de la dissolution est donnée comme suite :



Les bicarbonates n'ont pas un rôle prépondérant direct sur la santé humaine. (Hubert et al, 2002).

## **II.2.5 - Normes de la qualité de l'eau potable**

L'eau est un élément indispensable à la vie et l'état de santé de la population. Elle est liée à la qualité physicochimique et bactériologique qu'elles consomment. L'élaboration des normes de potabilité est basée sur les études scientifiques montrant les effets nocifs sur la santé, des éléments physico-chimiques à partir d'une certaine concentration maximale à ne pas dépasser. Par sécurité la valeur de la norme sera largement inférieure à cette dose, afin d'éviter le développement de pathologie, malgré le dépassement du seuil. L'organisation mondiale de la santé (O.M.S.) propose des valeurs guides ; qui servent de base à l'élaboration des normes. Ces valeurs guides sont spécifiques pour chaque élément.

Les normes sont réparties en cinq groupes :

1. Normes des paramètres organoleptiques.
2. Normes des paramètres physico-chimiques.
3. Normes des substances indésirables.
4. Normes des substances toxiques.
5. Normes des paramètres microbiologiques (Castany.1998)

#### **II.2.5.1 - Normes des paramètres organoleptiques**

Ces paramètres concernent la couleur, la transparence, la saveur et l'odeur de l'eau, cependant ces critères n'ont pas de valeur sanitaire directe. Une eau peut être trouble, colorée ou avoir une odeur particulière et néanmoins être consommable. L'eau potable doit répondre à certaines caractéristiques organoleptiques, physico-chimiques et bactériologiques comme l'indique les tableaux (Ramad, 1982 ; Bernardet DAUPHIN, 2006 ; Lagreb, et Semane, 2007 ; O.M.S, 1977 ; O.M.S, 1985).

#### **II.2.5.2 - Normes des paramètres physico-chimiques**

Les paramètres physico-chimiques permettant de définir les normes de potabilité des eaux qui sont :

Le pH, la conductivité électrique, turbidité, concentration en sulfates, chlorures, etc. C'est différentes normes sont consignées dans le tableau N°06.

**Tableau 6:** Normes des paramètres physico-chimiques d'après (OMS , 1985).

Paramètres	unités	Normes de l'Union Européenne		Normes d'O.M.S	Normes de Suisse	Normes Française	Normes d'U.S.A
		NG	CMA	CMA	CMA	CMA	CMA
Température	°C	12	25	25	8-15	25	-
pH		6,5-8,5	9,5	6,5-9	6,8-8,2	6,5 -9	6,5- 8,5
Conductivité électrique	µS/cm	-	-	-	200-800	180-1000 à 20°C 200-1100 à 25°C	-
Chlorure	mg/l	-	200	200	< 20	200	250
Sulfates	mg/l	-	250	250	< 50	250	250
Magnésium	mg/l	30	50	50	-	50	-
Calcium	mg/l	-	-	120	-	-	-
Sodium	mg/l	20	150	150	< 20	200	-
Aluminium	mg/l	0,05	0,2	12	< 0.05	12	0,2
Potassium	mg/l	10	12	12	<5	12	-
Résidus sec	mg/l	-	1500	1500	-	-	-

Source :(Nedjimi, 2006 ; O.M.S, 1985)

NG : Niveau Guide

CMA : Concentration Maximale Admissible.

#### ❖ Les normes Algériennes pour la qualité physico-chimique de l'eau potable

L'Algérie s'est basé sur les normes internationales, pour établir ses propres normes, on peut dire que c'est une combinaison de différentes normes qui existent sur le plan International (tableaux 06 et 08) (Document de l'ANRH).

**Tableau 7:** les normes algériennes de qualité physico- chimique de l'eau potable.

Paramètres	Valeurs	Unités
Paramètres organoleptiques		
couleur	25	mg/1 pt-Co
Odeur	Doit être acceptable	Taux de dilution
Turbidité	1-2	NTU
Paramètres physico-chimiques		

**Tableau 8:** les paramètres physicochimiques selon l'OMS et le journal officiel Algérie.

Paramètres	Selon l'OMS	Selon le Journal Algérien	Unité
Ph	9	6.5 - 8.5	
Conductivité	1000	2800	µs/cm
Dureté totale	50	100 - 500	°F
Calcium	100	75 - 200	Mg/L
Magnésium	50	150	Mg/L
Sodium	150	200	Mg/L
Potassium	12	20	Mg/L
Sulfates	250	200 - 400	Mg/L
Chlorures	600	200 - 500	Mg/L
Nitrates	50	50	Mg/L
Nitrites	0.1	0.1	Mg/L
Ammonium	0.5	0.5	Mg/L
Phosphates	5	5	Mg/L
Oxydabilité (KMnO4)	5	3	Mg/L
Oxygène dissout	5	5	Mg/L
Aluminium	0.2	0.2	Mg/L
Température	25	25	°C

Source : oms (2002), journal officiel de la république algérienne n°27 (26 avril 2006 p10, 11, 12).

### II.2.5.2 - Les caractéristiques microbiologiques

Généralement, tous les ressources d'eaux soit des lacs, des rivières, des fleuves, aussi bien des nappes phréatiques un peu profondes, contient 3 type des germes : typiquement aquatique, tellurique (due par ruissellement) et des germes de contamination humaine ou animale (contamination fécal) ; que ce soit le type du germe il peut engendre des maladies infectieuses chez l'homme(Thierun et Steffen, 2001).En définitive, La majorité des micro-organismes pathogènes (virus, bactéries ou protozoaires) pouvant causer des maladies susceptibles de se trouver dans l'eau, proviennent de déjections humaines ou animales, l'importance de pollution microbiologie nous obliger de faire un traitement avant d'être distribuer au publique.

L'analyse microbiologique de l'eau distribué à la consommation basée sur la recherche des germes né le concept de "microorganismes indicateurs de contamination fécale". Ces indicateurs sont spécifiques de la flore intestinale, ils ne sont pas nécessairement pathogènes, mais leur présence en grand nombre dans un milieu aquatique indique l'existence d'une contamination fécale, et donc un risque épidémiologique potentiel. (ThierunetSteffen, 2001).

**Tableau 9:facteurs microbiologiques selon l'OMS et le journal officiel algérien.**

<b>Facteur</b>	<b>Selon l'OMS</b>	<b>Selon le journal algérien</b>
<b>Germes banaux</b>	100/100 ml	100/100 ml
<b>Coliformes totaux</b>	0/100 ml	0/100 ml
<b>Coliformes fécaux</b>	0/100 ml	0/100 ml
<b>Streptocoques fécaux</b>	0/100 ml	0/100 ml
<b>Clostridium sulforéducteurs</b>	0/100 ml	0/100 ml

Source : oms (2002), journal officiel de la république algérienne n°27 (26 avril 2006 p10, 11, 12)

2 - MATERIEL ET METHODES.....	24
II- PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE.....	24
II.1- CADRE PHYSIQUE DE REGION D'ETUDE.....	24
II.1.1 - Situation géographique .....	24
II.1.2- Géomorphologie de la région d'étude.....	24
II.3- CLIMATOLOGIE DE LA REGION D'ETUDE.....	31
II.4- ETUDE HYDROCHIMIQUE.....	40
II.4.1- Echantillonnage.....	40
II.4.2- METHODES D'ANALYSES .....	41
II.4.2.1 - ANALYSE DES PARAMETRES PHYSIQUES.....	41
II.4.2.2 - LES ANALYSES DES PARAMETRES CHIMIQUES .....	43
II.5- METHODES DES ANALYSES BACTERIOLOGIQUES.....	50



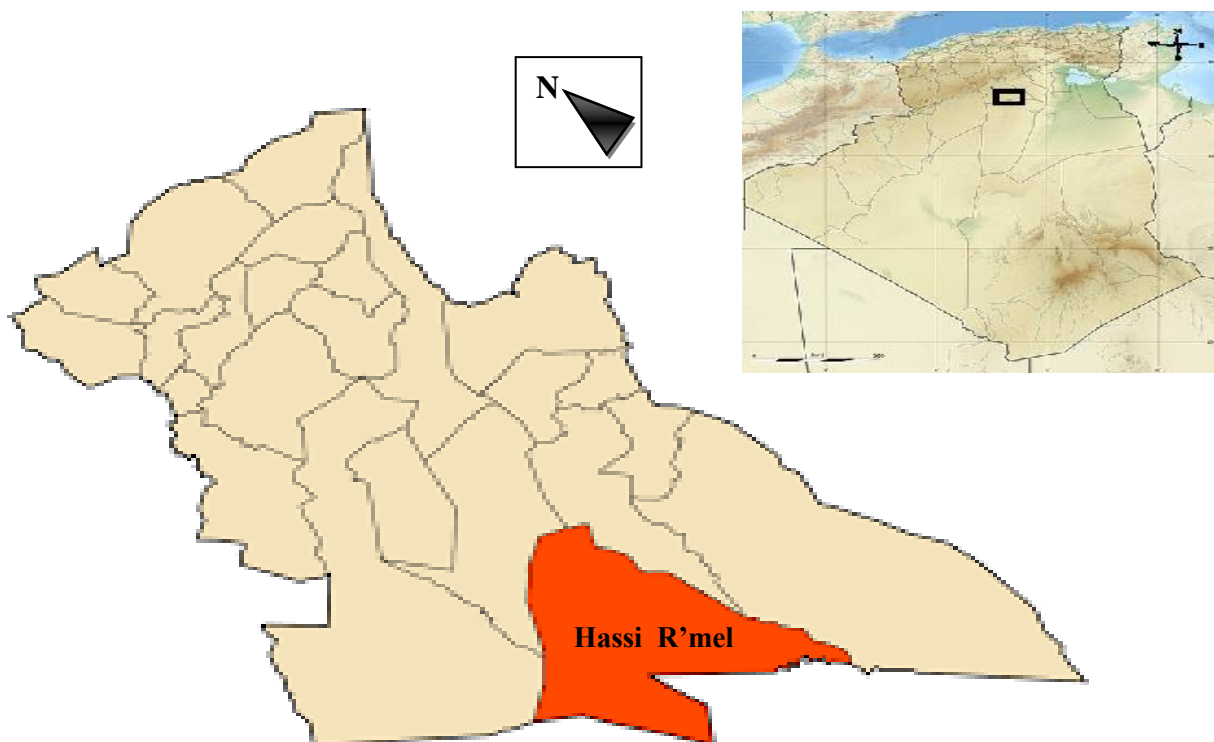
## 2 - MATERIEL ET METHODES

### II- PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE

#### II.1- CADRE PHYSIQUE DE REGION D'ETUDE

##### II.1.1 - Situation géographique

La région de Hassi R'mel est située à environ 550 km au sud de la capitale à une altitude moyenne de 760m, le paysage est constitué d'un vaste plateau rocailleux. Son climat est caractérisé par une humidité moyenne de 19% en été et 34% en hiver, les variations de température son  $-5^{\circ}\text{C}$  en hiver à  $45^{\circ}\text{C}$  en été. (Othmani, 2007).



**Fig.5:** présentation de la région d'étude.

##### II.1.2- Géomorphologie de la région d'étude

Le relief du champ du Hassi R'mel , est relativement plat et rocailleux, caractérisé par les affleurements des roches calcaires de Sénonien (Crétacé supérieur). Le relief tabulaire de la partie centre et ouest du champ de Hassi R'Mel est parsemée de nombreuses Daïas, on note trois grandes dépressions constituant les principaux bassins de la nappe phréatique superficielle, alimentée seulement par les précipitations. Les nombreuses daïas et le faible contraste de relief favorisent l'infiltration des eaux et par conséquent l'alimentation de la nappe. Le secteur Est du champ, représenté par un relief très accidenté et fortement raviné, constitue une zone de ruissellement intense, où la majorité des oueds prennent leur source.

Les eaux de précipitations sont drainées par des oueds, notamment ceux d'orientation sud-est composant le réseau hydrographique de cette région vers l'extérieur du champ : oued Mzab et oued Metlili au Sud et à l'Ouest oued N'sa, oued Balouh et oued El kebch à l'Est .La nappe a été reconnue favorablement productrice dans trois zones (zone nord, centre et sud), (in Aricha M. 2003).

Les unités morphologiques peuvent être groupées en plusieurs ensembles paysagiques, on note :

**a) Les Garas**

Les garas sont des buttes témoins en forme de champignon ; des plateaux tabulaires isolés par l'érosion et couronnés par une table de roche dure (Capot – Rey et al, 1969). Ces gours sont encore un théâtre des jeux d'érosion hydroéolienne.



**Fig.6** : les Garas.

**b) Les Dayas**

Les dayas sont des dépressions fermées circulaires de faibles dimensions pouvant varier de un à quelques dizaines d'hectares, le plus souvent colonisées par une végétation dense. La région de Hassi R'mel est marquée de nombreuses dayas profondes d'une dizaine de mètres et larges de quelques centaines de mètres, parfois même de plusieurs kilomètres. Leur fond est tapissé de limon sablonneux qui conserve l'humidité et porte une végétation de jujubiers et de pistachiers (bétoums), exemple : Daïet el feres, daïet telghimit

D'après R. Capot – Rey, 1938 – 1939 ; G. Conrad, B. Geze et Y. Paloc, 1967 ; G. Conrad, 1968 ces dayas relèvent d'un phénomène de dissolution de type karstique et leur développement reste lié au substrat et aux conditions climatiques qui l'ont affecté.



**Fig.7** : les Dayas.

### c) Les Cuestas

Se sont des formes dues à l'érosion. La cuesta comprend un front, plus ou moins abrupt, dû à l'interruption de la couche résistante, une dépression longeant le pied de l'abrupt et creusée dans les couches tendres et un revers qui correspond à peu près au dos de la couche résistante incliné.



**Fig.8** : les Cuestas.

### d) Les Glacis

Les glacis sont des formes de relief non structural consistant en une surface plane et peu inclinée (quelques degrés). Suivant son origine, on distingue :

- **Le glacis d'érosion**, sur lequel la roche est à nu, affleurement du substrat gréseux du Mio – pliocène).
- **Le glacis alluvial**, où la roche en place est masquée par des alluvions,. La dénivelée entre l'amont du glacis et son aval est de 50m sur une distance qui varie entre 2 à

3Km, ce qui donne une pente très douce. La surface de ces glacis constitue un véritable reg.



**Fig.9** : les Glacis.

#### **e) Le Plateau**

C'est une surface de terrain à peu près plane, entaillée ou délimitée par des vallées assez encaissées). C'est le plateau du Pliocène, de 380 à 450m d'altitude qui occupe quelques parties au Nord et au Sud du de la région. Il s'abaisse légèrement d'Ouest en Est.



**Fig.10** : le plateau.

#### **f) Le réseau hydrographique**

Représenté principalement par oued Bellil et son prolongement oued enessa.

La surface du sol peut être unie par une grande partie du lit d'oued ou alternativement d'un côté à l'autre du lit en fonction des méandres, ou bien, entaillée par de petites incisions linéaires lorsque le ruissellement se concentre avec une pente plus forte et des débits plus importants (Pouget, 1980).

## II.2- CADRE GEOLOGIQUE DE LA REGION D'ETUDE

La structure de Hassi R'Mel plonge en pente douce vers le Nord, en direction de la flexure Sud-Atlasique tout en se prolongeant vers le Sud – Ouest par la petite structure anticlinale du Djebel Bissa et vers le Sud par celle de Hassi R'Mel. Elle se limite à l'Est par la dépression d'oued Mya (Sonatrach, 1972).

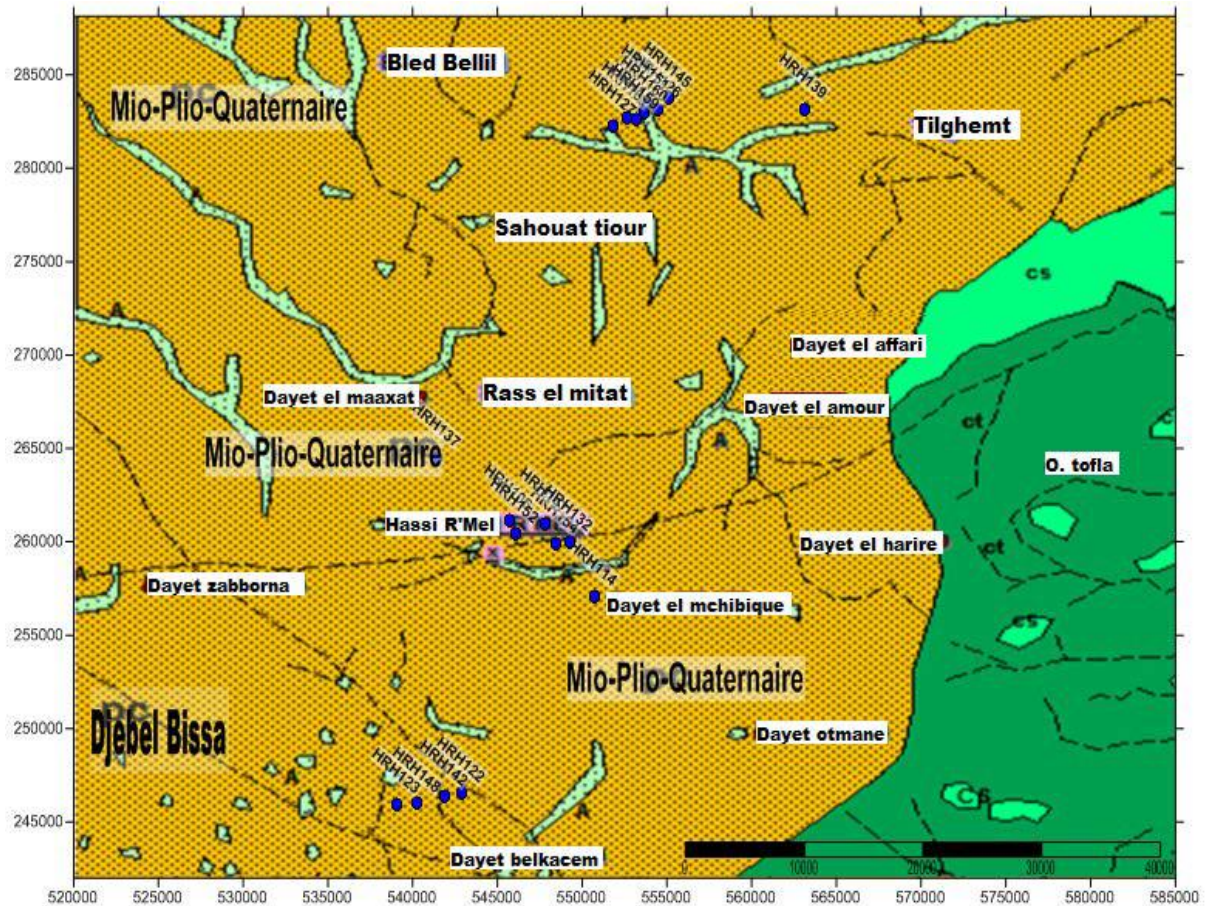


Fig.11 : Carte géologique du champ de Hassi R'Mel.

### II.2.1- Stratigraphie de la zone d'étude

La série stratigraphique du champ de Hassi R'Mel est marquée par les formations suivantes, décrites de haut en bas :

#### 1. QUATERNAIRE :

Constitué d'une croûte calcaire épaisse de 10 m, (croûte amadienne), localisée par endroits dans la partie nord du champ.

#### 2. CENOZOIQUE :

**MIO-PLIOCÈNE :** Epaisseur moyenne 100 m. Représenté par des calcaires et des intercalations d'une formation Argilo-gréseuse, localisée essentiellement au Nord et à l'Ouest du champ.

### **3. MESOZOÏQUE :**

**3.1 - CRETACE :** Epaisseur moyenne environ 700 m.

**a - Sénonien : (ép. 40 m)**

Il est composé de calcaires dolomitiques blancs ou beiges et de dolomies cristallines fissurées et une passée de calcaire marneux, à sa base apparaît quelques minéraux de dolomie fissurée dans les dépressions (Daïas).

**b - Turonien : (ép. 40 m)**

Formations dolomitique à calcaire-dolomitique, blanches à beiges, fissurées dans les dépressions (Daïas), devenant vers la base une formation argileuse de couleur grisâtre, tendre à plastique.

**c - Cénomaniens : (ép. 100 m).**

Ensemble Argileux blanc à beige, parfois vacuolaires à intercalations, avec fines intercalations de calcaires dolomitiques beiges cristallins ou microcristallins.

**d - Albien : (ép. 220 m)**

Il est entièrement gréseux, se subdivise en une série de grès fins rouges et/ou beiges à ciment argilo-dolomitique et des intercalations d'argiles versicolores et une série de grès sable rose mal cimenté et mal classé, devenant plus argileux et gypseux vers la base.

**e - Aptien : (ép. 20 à 40 m)**

Il est caractérisé par des marnes gréseuses, des passées de grès argileux au Sud et des inclusions de gypse au Nord.

**f - Barrémien : (ép. 35 m)**

Il est totalement absent au Nord, il est formé d'une succession de grès fins à grossiers.

ERE	SYST	ETAGES		Epmoy	DESCRIPTION	
CENO-ZOIQUE		CROUTE HAMMADIENNE		100	Croûte calcaire et série argilo-gréseuse	
		MIO -PLIOCENE discordance alpine				
MESOZOIQUE	CRETACE	SENONIEN		40	Calcaire à sillex	
		TURONIEN		40	Dolomie vacuolaire	
		CENOMANIEN		100	Calcaire et argile	
		CONTINENTAL INTERCALLAIRE	ALBIEN	220	Grès fins, friables, à passées d'argile	
			APTIEN	20 à 40	Dolomie gréseuse, marne et argile	
			BARREMIEN	35	Grès fin à grossier, à ciment carbonaté	
			NEOCOMIEN	150	Grès à passées d'argile, de calcaire et de lignite	
		JURASSIQUE	MALM		600	Carbonates, grès et argile
			DOGGER	ARGILEUX	100	Calcaire dolomitique et argile
				LAGUNAIRE	120	
	LIAS		MARNEUX	130	Marnes et calcaire	
			CARBONATE		Calcaire à passées d'argile et d'anhydrite	
			ANHYDRITIQUE	80	Anhydrite massive à passées d'argile	
			ENSEMBLE SALIFERE I + II	300 à 400	Sel massif à passées d'argile <b>REPERE D1</b> (dolomie)	
			SALIFERE III		Sel à passées d'argile	
			Argileux	15	Argile plastique <b>REPERE D2</b> (dolomie)	
	SALIFERE IV		0 à 70	Sel à passées d'argile		
	TRIAS	TRIAS ARGILO-GRESEUX	TRIAS ARGILEUX		40	Argile plastique
			ARGILO-GRESEUX	A	120	Grès fins à moyens, à ciment plus ou moins argileux, anhydritique, à intercalations d'argile brune
				B		
C						
SERIE INFERIEURE discordance hercynienne		30	Andésite, argile et passées de grès argileux			
PALEOZOIQUE	SILURIEN		350	Argile noire indurée à graptolites		
	ORDOVICIEN		150	Quartzites de Hamra - Grès d'El Atchane - Argiles d'El Gassi - Zone des alternances		
	CAMBRIEN	Ri	250	Quartzites- grès, grès fin à moyen à lits d'argiles		
		Ra				
		R2		Grès fins, argilo-bitumineux et brèches tectoniques		
		R3		Grès quartzitiques, argileux, très grossiers		
<b>S O C L E</b>					Eléments de granite fracturé, ferromagnésiens	

Fig.12 : représenté log Stratigraphique de la région de Hassi R'mel.

## **II.2.2- Description de la zone industrielle de Hassi r'mel**

La nature de l'effluent et l'homogénéité du réservoir de champ HASSI R'MEL ont conduit au choix d'un schéma d'exploitation alterné comportant trois zones de productions (Nord, Centre et Sud) intercalées par deux stations de compression.

### **a. Zone Nord**

Comporte le module de traitement de gaz N°3 (MPP3), une station de Boosting Nord, une Station de Compression et de réinjection Nord, deux centres de traitement d'huile (CTH 2 et CTH 4), un Centre de stockage et de prélèvement butane (NAFTAL), une Centrale électrique (SONELGAZ) et une Station de déshuilage.

### **b. Zone Centre**

Elle comporte trois modules (0, 1 et 4), un Centre de Stockage et de Transfert de Fluides (CSTF), deux Centres de Traitement d'Huile CTH1 et CTH3, une Station de Boosting gaz Centre, une Station de Compression des Gaz Associés, un Centre National de Dispatching de Gaz, trois Stations de Compression de Gaz, une Station de Pompage, un Centre de Stockage et de Prélèvement Butane et Propane (NAFTAL), une Centrale électrique (SONELGAZ), une Station d'épuration (STEP) et une Station de Déshuilage.

### **c. Zone Sud**

Elle comporte trois Modules de traitement de gaz brut, une Station de Boosting Sud, une Station de Réinjection de Gaz HP, une Unité de Traitement d'Huile (CTH-Sud) et une Station de déshuilage.

## **II.2.3- Description du processus de production de la région de HASSI R'MEL**

Le brut venant des différents puits de l'anneau d'huile du champ de Hassi R'mel, entre dans les CTH à travers un manifold où se fait l'injection d'eau douce par les pompes existantes, est envoyé vers le premier ballon de séparation tri-phasique, à ce niveau se passe la séparation de la plus grande partie de l'eau de gisement saturée en sel par différence de densité qui sera envoyée vers la station de déshuilage, et le brut est acheminé vers un autre ballon haute pression, une séparation basée sur la différence de densité, d'où une deuxième séparation entre l'huile et le gaz, ce dernier est envoyé directement vers la station de compression de gaz à une pression de 8 bars. L'huile contenant des impuretés (trace d'eau et de gaz) passe à travers un autre ballon de séparation moyenne pression (MP) où une séparation par différence de densité, le gaz en très faible quantité est envoyé vers torche MP et

l'huile est stockée dans un bac où la décantation joue le rôle d'une dernière séparation d'eau huileuse qui est purgée et drainée vers un ballon collecteur rejoignant ainsi toute l'eau huileuse rejetée par les équipements qui sera expédié par la suite à travers des pompes vers la station de déshuilage. L'huile traitée est collectée au MPP0 puis expédiée vers la raffinerie d'Arzew à travers la station de pompage (SP4) située au niveau de Hassi R'mel.

Le gaz envoyé vers la station de compression de gaz subit une séparation du condensât éventuel dans un ballon tampon à l'aspiration de l'installation avant de pénétrer dans les trains de compression. Ou il subit une compression à 112 bars est expédié au travers d'un manifold de sortie dans un pipeline en acier de 20'' vers la station de boosting, où il rejoint le gaz provenant des puits (déjà séparé de l'eau et du condensât au niveau de séparateur d'admission, pour que l'ensemble soit comprimé à 120 bars et expédié vers les modules de traitement de gaz.

Le condensât est envoyé vers les MPP0, 1et 4 au niveau de la chaîne de traitement puis stocké au niveau de MPP0, tandis que l'eau huileuse est acheminée vers la station de déshuilage.

#### **II.2.4- Les principaux rejets industriels à Hassi R'mel**

##### **a) Rejets des modules**

Les rejets des modules de traitement de gaz sont représentés essentiellement par des eaux salées saturées de gisement contenant des hydrocarbures (condensât) sous forme de traces, des inhibiteurs de corrosion, des traces de glycol, des métaux lourds en très faibles quantités. Ces rejets sont acheminés vers des bourbiers aménagés à proximité des différentes unités. Le volume total des rejets de ces modules est estimé à 1350 m<sup>3</sup>/jour (SONATRACH.2018).

##### **b) Rejets des Centres de Traitement d'Huile**

Les rejets des Centres de Traitement d'Huile sont essentiellement des eaux salées de gisement ajoutées à l'eau de lavage des tubings et des conduites pompée pour l'évacuation des dépôts de sel. Les eaux des bourbiers sont souvent couvertes d'une pellicule d'huile résultant parfois d'une mauvaise séparation. Le volume des eaux rejetées par l'ensemble des Centres de Traitement d'Huile est en moyenne 1200 m<sup>3</sup>/jour. (Sonatrach, 2018).

##### **c) Rejets des sondes de forage**

Les rejets des sondes de forage et Work over sont représentés par un volume important de boue de forage, de déblais contaminés par la boue, des eaux de lavage, du gas-oil utilisé

dans la fabrication des boues à base d'huile, des huiles de vidange et des graisses de tiges de forage et tubages. Le volume moyen des rejets d'un puits en forage est estimé à 2 500m<sup>3</sup> pour une durée de deux mois (Sonatrach, 2018).

#### **d) Rejets des unités industrielles**

Ces rejets sont représentés surtout par des eaux de lavage, contenant des détergents et du gas-oil, des huiles de vidange, de la poussière métallique et de produits chimiques des laboratoires tels que les acides chlorhydrique et sulfurique, la soude caustique, le nitrate d'argent...

Concernant les huiles de vidange, il convient de noter qu'au niveau des fosses d'entretien des bases de SONATRACH, l'huile est récupérée puits par NAFTAL, pour son recyclage (Sonatrach, 2018).

#### **II.2.5- Les bourbiers**

Un bourbier est une grande fosse de stockage des rejets liquides issus des différentes unités de production ainsi que les boues de forage et de Works –over (SONATRACH.2018).



**Fig.13** : les Bourbiers.

## **II.2.6- Actions mises en œuvre pour la protection de l'environnement à HASSI R'MEL**

La prise de conscience sur l'importance de l'environnement est largement partagée à SONATRACH pour la préservation de son image en tant que principal opérateur économique du pays et aussi en tant que groupe pétrolier international. SONATRACH s'est engagée à faire un suivi actif du volet environnement en vue d'une certification ISO14001 ; pour cela différentes actions ont été entreprises afin de minimiser la pollution.

- Traitement des eaux domestiques par la réalisation d'une station d'épuration STEP
- Traitement des boues de forages et de work-over
- La récupération des gaz associés, par la réalisation de deux stations SRGA 1 & 2
- La prise en charge des déchets solides industriels par élaboration de procédure de gestion intégrée.
- Traitement des eaux de rejets industriels ; par la réalisation de trois stations de déshuilage et de filtration.

## II.3- CLIMATOLOGIE DE LA REGION D'ETUDE

Le climat joue un rôle fondamentale dans la distribution de la vie des êtres vivants, il dépend de nombreux facteurs : la température, la précipitation, l'humidité ; la lumière....

D'après Prévost (1999), les végétaux comme les animaux ont des exigences climatiques qui définissent leurs aires géographiques de répartition.

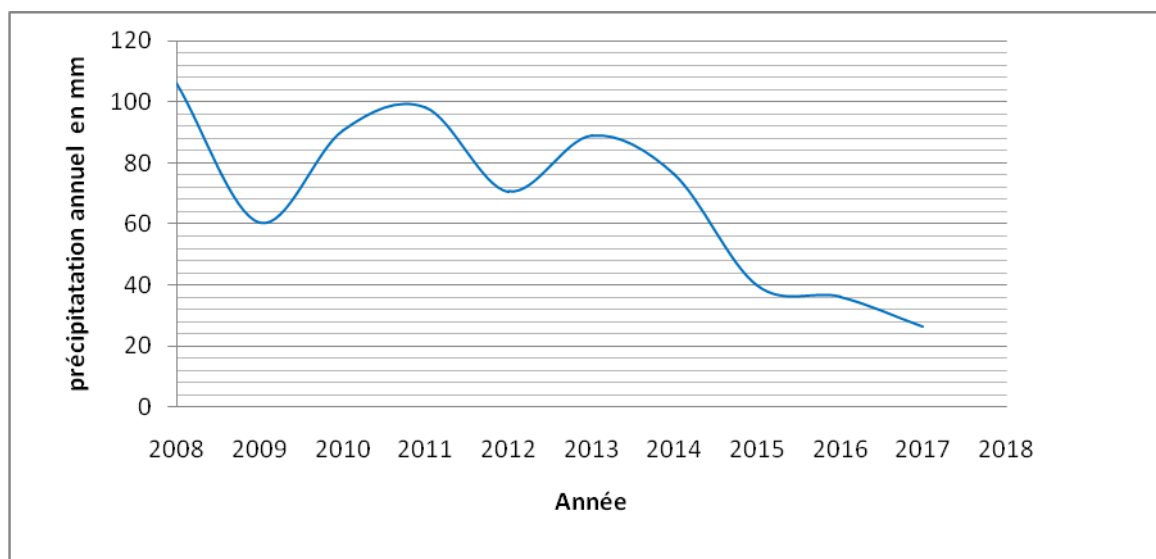
Pour caractériser le climat de la région étudiée, nous avons utilisé une période climatique de 10 années allant de (2008-2017).

### II.3.1- PRECIPITATION

#### ➤ PRECIPITATION INTERANNUELLE

Les précipitations englobent la pluie, la neige, la rosée, le brouillard, et la grêle. (Prévost, 1999).

Pour l'étude de l'évaluation de la variation de la précipitation au niveau de la région de Hassi R'mel , nous avons basé sur les données fournis par l'office national de la météorologie pour une période de 10 ans (2008-2017)



**Fig.14** : variation de la précipitation moyenne annuel de la région de Hassi R'mel(Période2008-2017).

D'après la figure N°14, nous remarquons la précipitation moyenne interannuelle est irrégulière dans le temps.

La valeur de la précipitation maximum est observée au cours de l'année 2008 et le minium au cours de 2017.

➤ PRECIPITATION MENSUELLE

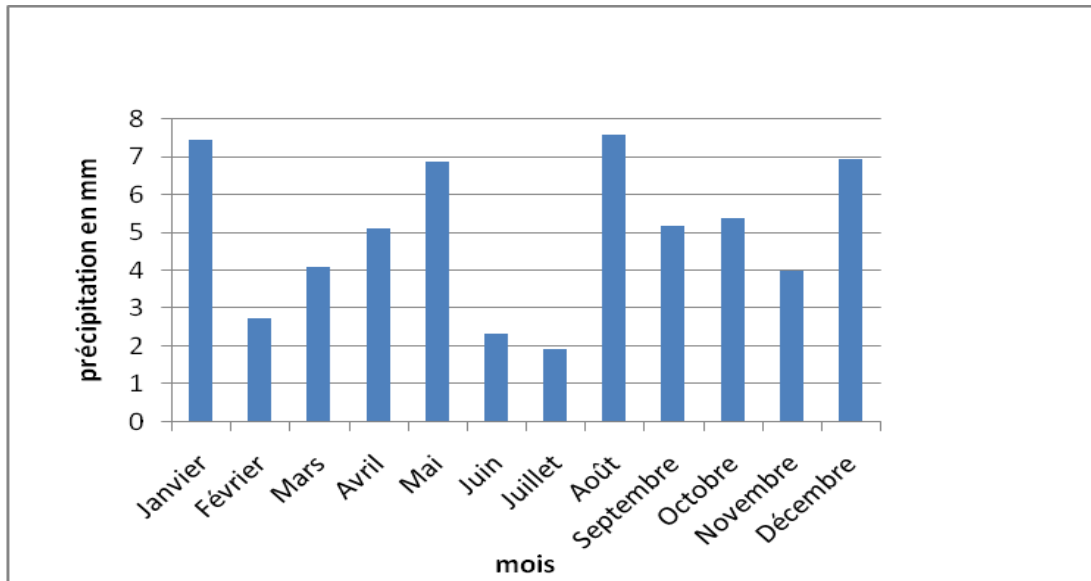


Fig.15 : Variation de la précipitation moyenne mensuel de la région de Hassi R'mel (Période2008-2017).

D'après la figure N°15, on remarque que le mois d'Aout est le mois le plus pluvieux avec un cumul pluviométrique mensuel moyen de 7.6 mm, et le mois de juillet est le mois le moins arrosé avec une valeur minimale du cumul pluviométrique mensuel moyen de 1.94 mm.

II.3.2- TEMPERATURE

La température est élément du climat le plus important était donnée que tous les processus métabolique en dépendant (Dajoz, 2006). Les données collectées de la température de la région de Hassi R'mel pour la période allant de 2008 à 2017 sont récapitulées dans la figure N°16.

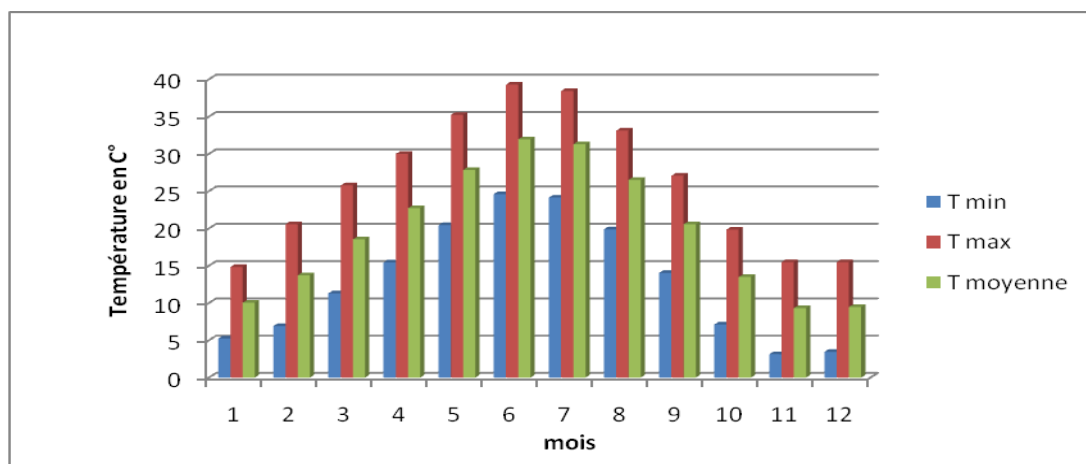
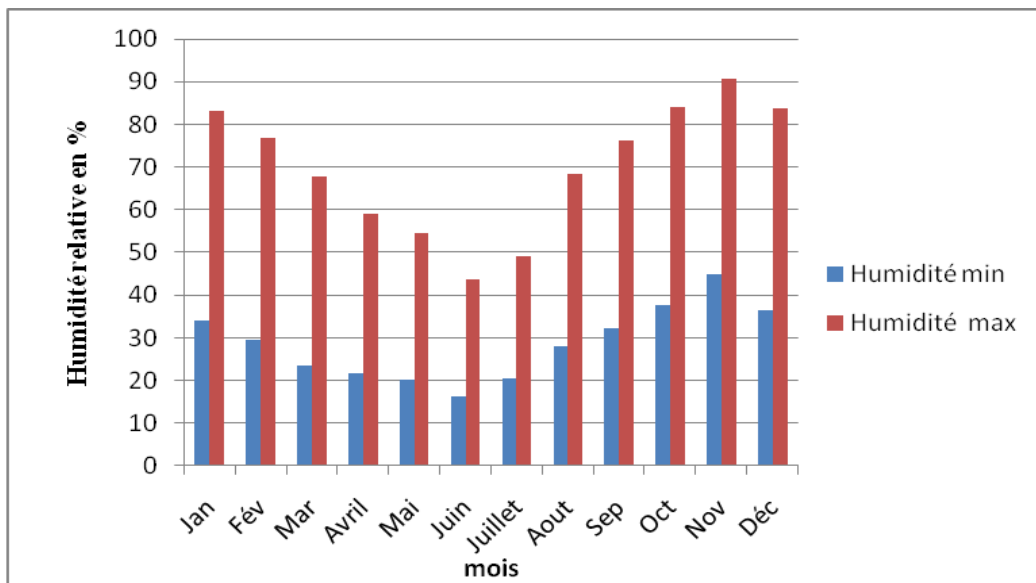


Fig.16 : Variation moyenne mensuelle de la température de la région de Hassi R'mel (2008-2017).

D'après la figure N° 16, nous notons le mois le plus froid dans la région de Hassi R'mel est le mois de Novembre avec une température minimale de 3.44 °C, tandis que le mois le plus chaud est celui de juin avec une température maximale de 39.28 °C.

### II.3.3- HUMIDITE RELATIVE

L'humidité relative de l'air est la proportion de vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère par rapport à la qualité maximale qui peut être fixée à une température considérée (Faurie et al. 2003). Dans la zone d'étude, seule la station climatique de Hassi R'mel dispose d'observations sur l'humidité relative.



**Fig.17 :** Variation de l'humidité moyenne mensuelle de la région de Hassi R'mel (2008-2017).

Nous remarquons sur la figure N°17 que l'humidité relative de la région de Hassi R'mel, Une valeur maximale de l'ordre de 90.72 % est Observée au mois de Novembre, alors que la valeur minimale est observée au mois de Juin 16.31%.

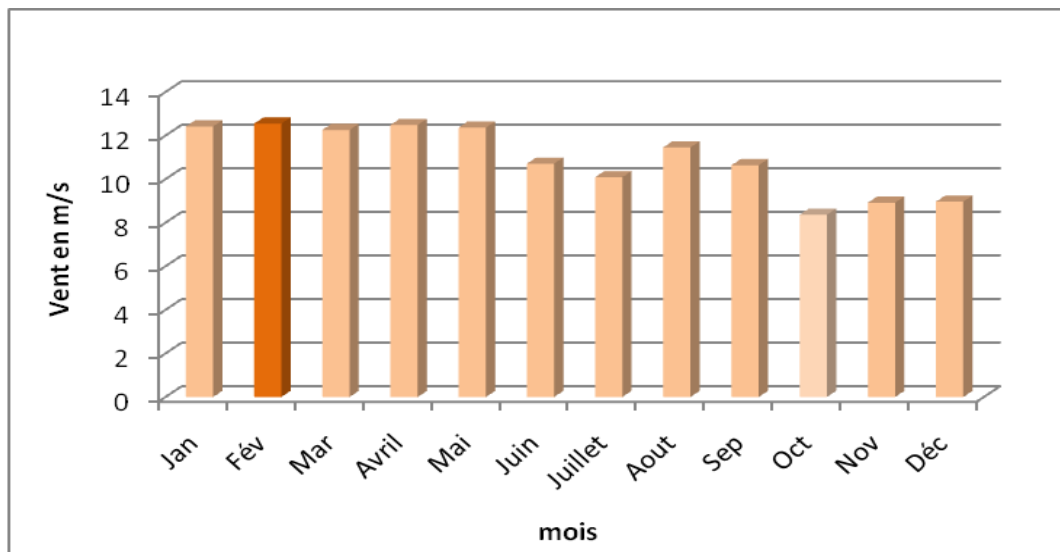
### II.3.4-VENT

Le vent est considéré comme un déplacement de l'air pratiquement horizontale, sauf dans les régions montagneuses ou la topographie joue un rôle important (Guyot, 1999).

Le vent se caractérise par sa direction et par sa vitesse (Prévost, 1999), il exerce une grande influence sur les êtres vivants (Faurie et al, 2003).

Si un vent modéré peut présenter des intérêts en agriculture ; il favorise le transport du pollen chez de nombreuses espèces (Prévost, 1999).

Sous l'influence des vents violets la végétation est limitée dans son développement (Ramade, 2003) en abaissant ou en augmentant la température, suivant les cas et en augmentant la vitesse d'évaporation, il a donc un pouvoir desséchant (Dajoz, 2000).



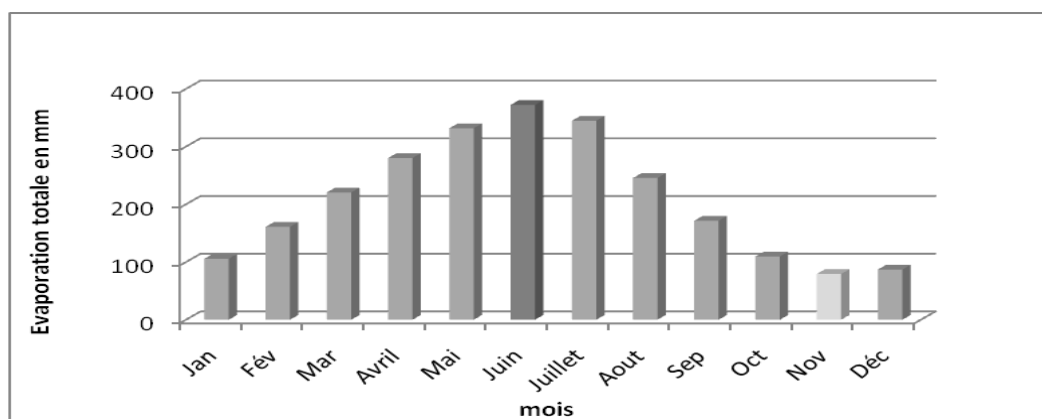
**Fig.18:** Répartition mensuelle de vent maximal de la région de Hassi R'mel (2008-2017).

Selon (la figure N°18), nous remarquons que les vents sont fréquents durant toute l'année.

Les vitesses les plus élevées sont enregistrées durant la période allant de janvier jusqu'au avril, avec un maximum de 12.49 m/s durant le mois d'Avril.

### **II.3.5- EVAPORATION**

L'intensité de l'évaporation au Sahara est fortement renforcée par les vents et notamment ceux qui sont chauds (Toutain, 1979).

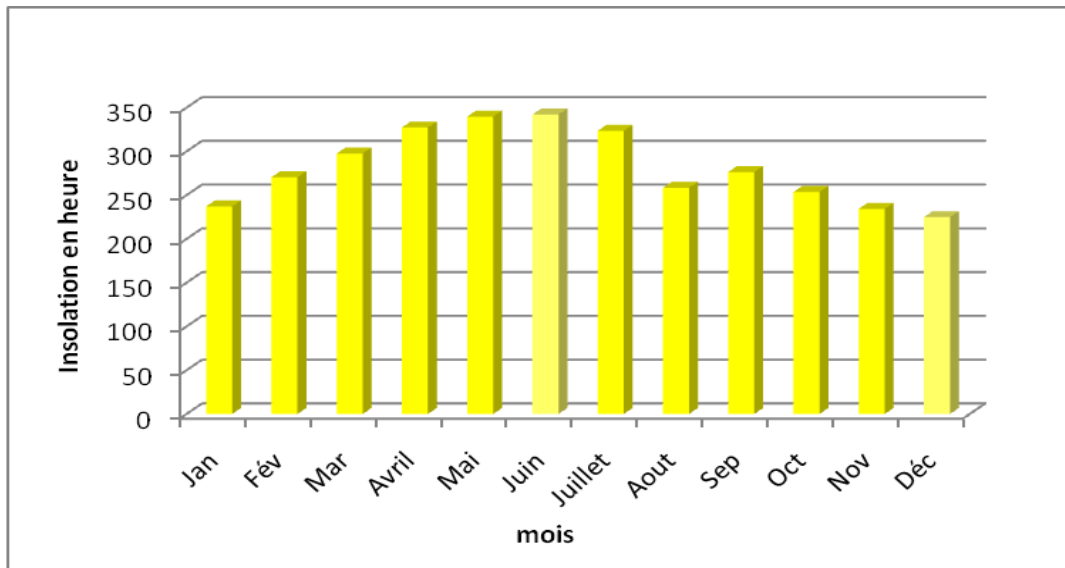


**Fig.19 :** Répartition mensuelle d'évaporation totale en mm de la région de Hassi R'mel (2008-2017).

Le cumul annuel de l'évaporation est de 209.13 mm. Le maximum est atteint en juin avec une valeur de 372.17 mm. Le minimum est enregistré durant le mois de novembre 79.34mm.

### II.3.6- INSOLATION

Les radiations solaires sont importantes au Sahara (Toutain, 1979).



**Fig.1:** Durée mensuelle d'insolation en heure de la région de Hassi R'mel (2008-2017).

Dans la région de Hassi R'mel la durée d'insolation moyenne est de 282.13 heures. Les valeurs peuvent atteindre 342.11 heures durant le mois de juin.

### II.3.7- DIAGRAMME OMBROTHERMIQUE DE BAGNOULS ET GAUSSEN

D'après Dajoz (1979), la sécheresse s'établit lorsque la pluviosité mensuelle (P) exprimée en mm est inférieure au double de la température moyenne exprimée en degrés Celsius ( $P \text{ (mm)} < 2T \text{ (}^\circ\text{C)}$ ). A cet effet, nous pouvons constater, en se référant aux données météorologiques, que la région de hassi r'mel subit une période sèche durant toute l'année. Pour localiser les périodes humides et sèches de la zone d'étude, nous avons tracé diagramme Ombrothérmique pour les périodes allant de 2008-2017 pour la région de Hassi r'mel.

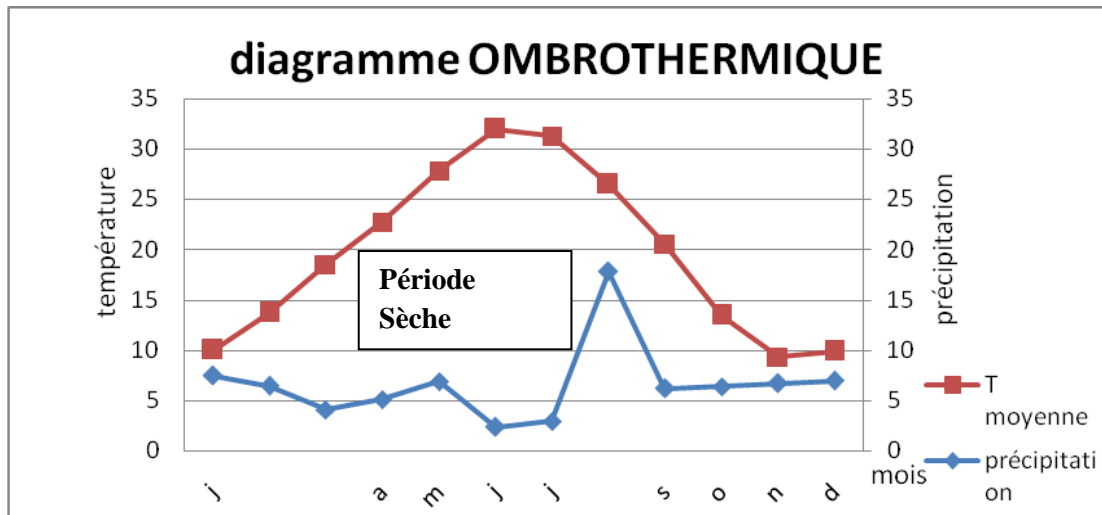


Fig.21 : Diagramme d'Ombrothermique de Gausson de la région de Hassi R'mel (2008-2017).

## II.4- ETUDE HYDROCHIMIQUE

Notre étude expérimentale est basée sur l'étude de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux potables de la région Hassi R'mel wilaya de Laghouat. Les analyses physico-chimiques des échantillons prélevés, ont été réalisées au niveau du laboratoire analyses des eaux de l'Algérienne Des Eaux (A.D.E), unité de laboratoire Laghouat, qui porte essentiellement sur la mesure des paramètres physiques proprement à l'eau (CE, T, pH, etc) et le dosage des éléments chimiques majeurs les plus répons dans l'eau : le calcium ( $Ca^{2+}$ ), Le magnésium ( $Mg^{2+}$ ), les chlorures ( $Cl^-$ ) et les bicarbonates ( $HCO_3^-$ ). Ainsi que les analyses des sulfates ( $SO_4^{2-}$ ), ainsi que les éléments de pollution les nitrites ( $NO_2^-$ ), l'ammonium ( $NH_4^+$ ), et le phosphate ( $PO_4^{3-}$ ).

### II.4.1- Echantillonnage

Nos prélèvements ont été effectués dans la zone industrielle Hassi R'mel - Wilaya de Laghouat, il s'agit de l'agglomération des cités ;

Au cours de notre étude, nous avons choisi pour chaque échantillon quelques paramètres. Les prélèvements d'eau ont été effectués manuellement. En utilisant des flacons, en polyéthylène de 2 litres propres et nettoyés. Avant chaque prélèvement, les flacons sont rincés avec de l'eau prélevée et agités avant chaque prélèvement.

#### ❖ Matériel

- Spectrophotomètre.
- Conductimètre
- pH mètre.

- Agitateur magnétique.
- Barreau magnétique
- Fioles jaugées de 50 ml
- Fioles jaugées de 100 ml
- Bécher de 50 ml
- Erlenmeyer
- Baguette et papier hygiénique.

## **II.4.2- METHODES D'ANALYSES**

### **II.4.2.1 - ANALYSE DES PARAMETRES PHYSIQUES**

#### **A. PH (potentiel hydrogène)**

La mesure du pH donne une indication sur l'alcalinité ou l'acidité des eaux. Il est important pour la croissance des micro-organismes est donc l'un des paramètres les plus importants de la qualité de l'eau (Rodier, 1996). Ceci consiste à faire des mesures à T 20°C en plongeant l'électrode dans l'échantillon puis on laisse le pH-mètre se stabiliser pendant quelque secondes, enfin on lit la valeur du pH.



**Fig.22:** l'appareille multi- paramètre (HI 2550 pH/ORP et EC/TDS/NaCL Meter de marque Huch).

#### **B. Mesure de la Température**

La température de l'eau, est un facteur écologique qui entraîne d'importantes Répercussions écologiques (Ieynaud, 1968). Elle agit sur la densité, la viscosité, la solubilité des gaz dans l'eau, la dissociation des sels dissous, de même que sur les réactions chimiques et biochimiques, le développement et la croissance des organismes vivant dans l'eau et

particulièrement les microorganismes (W.H.O, 1987). La Température est mesuré directement à l'aide d'un thermomètre précis multiéléments (Rodier *et al.* 2005).

### **C. Conductivité électrique**

La conductivité représente la résistance qu'une eau oppose au passage d'un courant électrique. Et est un indicateur direct de sa salinité. La conductivité varie également en fonction de la température. Elle a, la plupart du temps, une origine naturelle due au lessivage des terrains lorsqu'il pleut.

Ce lessivage entraîne naturellement la dissolution d'un certain nombre de sels minéraux. Elle peut également avoir pour origine l'activité humaine causée par les effluents agricoles, industriels ou domestiques qui contiennent des sels contribuant eux aussi à l'accroissement de la conductivité. La mesure de la conductivité électrique a été faite à l'aide d'une conductimètre.

Les résultats affichés sur l'écran de l'appareil (multi-paramètre) et sont exprimés en micro siemens par centimètre ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). (ADE)

Selon la conductivité, l'eau peut être classée en eau de qualité plus ou moins bonne (Tableau 10).

**Tableau 10** : Détermination de la conductivité et classée en eau de qualité.

<b>Conductivité <math>\mu\text{s}/\text{cm}</math></b>	<b>Nature de l'eau</b>
<b>50-400</b>	Eau excellent
<b>400-750</b>	Eau de bonne qualité
<b>750-1500</b>	Eau de moyenne qualité
<b>1500&gt;</b>	Eau médiocre

### **D. Mesure de la salinité et du taux de sels dissous (TDS)**

Le mesure de salinité et TDS est effectué par l'appareille multi- paramètre même principe que la mesure de la conductivité. On garde l'électrode de conductivité dans le recepaient qui contient l'eau à examinée puis on appuis une fois sur le bouton de conductivité pour donne le résultat de taux des sels dissous. Et deuxième fois pour donner le résultat de

salinité. Les résultats obtenus par lecture directe sont donnés en 0/00 et en mg/l pour la salinité et le taux de sels dissouts respectivement.

**E. Minéralisation**

La minéralisation correspond aux taux de sels dissouts. Il existe une relation entre la teneur en sels dissouts d'une eau et sa conductivité. Toutefois, la minéralisation déterminée par pesée de l'extrait sec n'est pas rigoureusement identique à celle calculée à partir de la conductivité (tableau N°11) (Rodier et al, 2005).

**Tableau 11** : Détermination de la minéralisation à partir de la conductivité.

Conductivité (µS/cm)	Minéralisation (mg/L)
< à 50	1,365079x Conductivité
Entre 50 et 166	0,947658 x Conductivité
Entre 166et 333	0,769574 x Conductivité
Entre 333et 833	0,715920 x Conductivité
Entre 833 et 10000	0,758544 x Conductivité
> à 10000	0,850432 x Conductivité

Source : (Rodier, 2009).

**II.4.2.2 - LES ANALYSES DES PARAMETRES CHIMIQUES**

**A. Dosage de la dureté totale (TH)**

La dureté totale est un indicateur du niveau de calcaire dans l'eau notamment le calcium (Ca<sup>2+</sup>) et le magnésium (Mg<sup>2+</sup>). Est déterminée par un dosage complexométrique par l'EDTA (acide éthylène diamine tétra-acétique).



**Fig.23** : Dosage de la dureté totale.

### **Mode opératoire**

- Une ajoute 10goutte de solution tampon TH (pH 10)
- quelques gouttes de NET dans 10 ml d'eau prélevée
- La solution vire en rouge.et dosage la solution par l'EDTA il est termine quand la solution rouge vire a la bleue. la valeur de la dureté est indiquée par le volume de l'EDTA verse (en °f).

### **B. Dosage des ions ( $\text{Ca}^{2+}$ )**

- On Met 10ml de l'eau à analyser dans un bécher
- on ajoute 3 gouttes de solution d'hydroxyde de sodium (NaOH, pH = 12)
- une pincée de l'indicateur de  $\text{Ca}^{2+}$ (calcon + NaCl),
- ensuite on titre avec l'EDTA jusqu'au virage du rose au bleu



**Fig,24** : dosage de calcium.

**C. Dosage des ions ( $Mg^{+2}$ )** : on calcule le teneur en  $Mg^{+2}$  à partir de la formule suivante :

$$R (Mg^{+2})= (TH) - R (Ca^{+2})$$

$R (Mg^{+2})$  : teneur des ions  $Mg^{+2}$  en méq/l

$TH$  : Dureté totale en méq/l

$R (Ca^{+2})$  : teneur des ions  $Ca^{+2}$  en méq/l

## **D. Dosages de Sodium et Potassium**

La présence de sodium et potassium dans tous les échantillons à des concentrations significatives est liée à la lithologie de la région étant donné que ces éléments entre dans la composition des argiles qui se trouvent dans la majorité des couches géologiques.

Ils peuvent également avoir comme origine le lessivage des engrais sur les sols pauvres en humus. Il est à signaler que l'excès du Potassium et sodium est contrôlé par l'organisme, soit par transpiration ou par élimination urinaire, Or chez les sujets présentant des complications rénales, le contrôle de cet élément est impératif, sachant qu'une hypercalcémie peut provoquer un arrêt cardiaque. D'une façon générale, la spectrométrie de flamme est la méthode la plus indiquée pour le dosage de sodium et potassium

### **Mode opératoire**

- On introduit successivement les solutions tampons des radiations et les échantillons dans une série de tubes de chaque cation  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$
- On agite rigoureusement avant d'effectuer puis on fait la lecture à la spectrophotométrie de flamme a longueur d'onde de 585nm pour le sodium et 766, 5nm pour le potassium après avoir réglé la maximum de transmittance de l'appareille sur les tubes
- On trace la courbe d'étalonnage et l'on déduit la concentration de l'élément en question
- Les concentrations pour nos échantillons sont déterminées graphiquement grâce à la gamme étalon de potassium.



**Fig.25:** spectrophotomètre à émission de flammes.

### **E. Les Chlorures**

Les eaux trop riches en chlorures sont laxatives et corrosives (Humbert et Pommier, 1988 in Tarik, 2005) La concentration des chlorures dans l'eau dépend aussi du terrain traversé. Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent ( $\text{AgNO}_3$ ) en présence de chromate de potassium ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ).

Les ions chlorures réagissent avec les ions argent pour former du chlorure d'argent insoluble et précipitant. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent (Rodier et al, 2005).

#### **Mode opératoire**

- On prélève 10ml de l'eau à analyser, dans un bécher.
- Ajoute 1ml de l'indicateur chromate de potassium donné coloration jaune
- puis fait le titrage avec la solution Nitrate d'argent (0.02N) jusqu'à l'apparition d'une teinte rougeâtre (Rodier et al, 2005).

### **F. Détermination de l'alcalinité (bicarbonates $\text{HCO}_3^-$ )**

À l'inverse de l'acidité, l'alcalinité d'une eau correspond à la présence de bases et de sels d'acides faibles (Rodier, 2009). Ces déterminations sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué, en présence d'un indicateur coloré (Rodier et al, 2005).

#### **Mode opératoire**

- On a pris 10 ml d'échantillon d'eau
- en suite on lui a ajouté 2 gouttes d'orange de méthyle ((indicateur coloré)
- Et a titré avec Acide sulfurique ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) 0,0865N.

### **G. Les Sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ )**

Les sulfates peuvent être d'une origine naturelle à partir du gypse ou pyrite ou d'une origine industrielle ou à partir des produits de traitement agricole.

Les ions sulfates sont précipités et passent à l'état de sulfate de baryum, en présence de Chlorure de baryum ( $\text{BaCl}_2$ ), La turbidité est proportionnelle à la concentration de l'eau en sulfates. la mesure de la turbidité a été faite à une longueur d'onde de 650nm (Rodier, 2009).

- Prenez 50ml eau analyse
- Ajoute 3-4gouttes de bleu de promotémole pour  $\text{SO}_4^-$
- Titrée par chlorure de baryum (0,1N)

## **H. Dosage des nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )**

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote et ils se trouvent naturellement dans les eaux de surface ainsi que dans les eaux souterraines. Les nitrates sont nécessaires à la croissance des végétaux mais leur présence excessive dans le sol peut contaminer les sources d'alimentation en eau. Transformés en nitrites par l'organisme, ils peuvent provoquer la transformation de l'hémoglobine en "méthémoglobine" et provoquer un mauvais transfert de l'oxygène vers les cellules. Cette pathologie peut affecter les nourrissons de moins de 6 mois. Le risque est très difficile à établir. Partant d'un principe de précaution, la norme de potabilité pour l'eau a été fixée à 50 mg/l. Au-delà de 100mg/l, l'eau ne doit pas être consommée.

### **Mode opératoire**

La méthode utilisée est la méthode spectrophotométrique.

- Prenez 10ml d'échantillon à analyser, ajouter 4 gouttes d'acide acétique, laisser reposer pendant 5 minutes.
- ajouter 0,5mg de salicylate de sodium
- Sécher la solution à 80°C dans l'étuve
- Ajouter 16gouttes d'acide sulfurique et laisser refroidir pendant 15 minutes
- Ajoute 10ml de la soude NaOH 20%

Effectuer la lecture à l'aide de spectrophotométrie étalonné Les nitrites



**Fig.3:** Spectrophotomètre UV visible utilisé pour la détermination du taux des nitrates.

## **I. L'azote ammoniacal : ( $\text{NH}_4^+$ )**

Dans l'eau, L'azote réduit soluble se retrouve sous deux formes; l'ion ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) et la seconde non dissociée communément appelée ammoniacque ( $\text{NH}_3$ ) (Gaujour, 1995). En ce qui concerne la toxicité de l'ammoniacque, il est reconnu que ce n'est pas la forme ammoniacque ionisée qui est toxique, mais celle non ionisée dont la proportion dépend du PH et de la température (Rodier, 1996).

### **Mode opératoire**

- Prélever 40ml de l'eau à analysée dans un bécher,
- On ajout 0,4reactif I
- Et réactif II on vire en couleur vert claire
- Et attendre 1h puis lecture le résultat par spectrophotométrie.

### **J. Dosage du phosphate ( $\text{PO}_4^{3+}$ )**

Les phosphates ( $\text{PO}_4^{3+}$ ) font partie des anions facilement fixés par le sol, leur présence dans les eaux naturelles est liée à la nature des terrains. En milieu acide et en présence de molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine et de potassium, le phosphate réagit. Puis le complexe formé est réduit par l'acide ascorbique et développe une coloration bleue susceptible d'un dosage spectrophotométrique (Rodier et al, 2005).

- Prélever 40ml de l'eau à analysée dans un bécher,
- ajout 1ml acide ascorbique et 2ml du réactif mixte et attendre 10 minutes jusqu'à le développement d'une coloration bleue.
- On note la DO à 880 nm.

La densité optique affichée sur le spectrophotomètre UV/Vis donne la concentration des ions phosphates dans l'eau en mg/l.

### **K. Dosage des nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )**

Les nitrites constituent une étape importante dans la métabolisation des composé azotés .ils s'insèrent dans le cycle de l'azote entre l'ammoniacque et les nitrates .leur présence est due, soit à l'oxydation bactérienne de l'ammoniacque, soit à la réduction des nitrates .

### **Mode d'opératoire**

Le dosage des nitrites est effectué par la méthode de

- prenez 50 ml eau analyse
- Ajoute 1ml réactifs mixte de  $\text{NO}_2^-$

- Attendre 10minute L'apparition de la coloration rose indique la présence des  $\text{NO}_2^-$
- Effectuer la lecture à 543 nm.

## **II.5- METHODES DES ANALYSES BACTERIOLOGIQUES**

L'analyse bactériologique a pour but la recherche et le dénombrement des germes existant dans les échantillons d'eau à analyser. Il faut signaler qu'un examen bactériologique ne peut être interpréter que s'il est effectué sur un échantillon correctement prélevé dans un récipient stérile, selon un mode opératoire précis évitant toutes les contaminations accidentelles, correctement transporté au laboratoire et analysé sans délai ou après une courte durée de conservation dans des conditions satisfaisantes (Rodier, 2005).

En raison de la diversité des espèces bactériennes, virales et parasitaire, des germes test vont être analysés qui représenteront par la suite l'aspect microbiologique de ces eaux. Une analyse complète de l'eau brute a été effectuée en se basant sur la recherche et le dénombrement des paramètres suivants :

- Germes totaux ;
- Coliformes totaux et fécaux ;
- Streptocoques fécaux ;

### **A. Dénombrement des germes totaux**

La recherche et le dénombrement des germes revivifiables se réalisent à deux températures différentes afin de cibler les micro-organismes psychrophiles (22°C) et les microorganismes mésophiles (37°C).

Le milieu de culture est de la gélose glucosée tryptonée à l'extrait de levure (TGEA) fondue puis refroidie à  $45\pm 2^\circ\text{C}$  (Rodier, 2005).

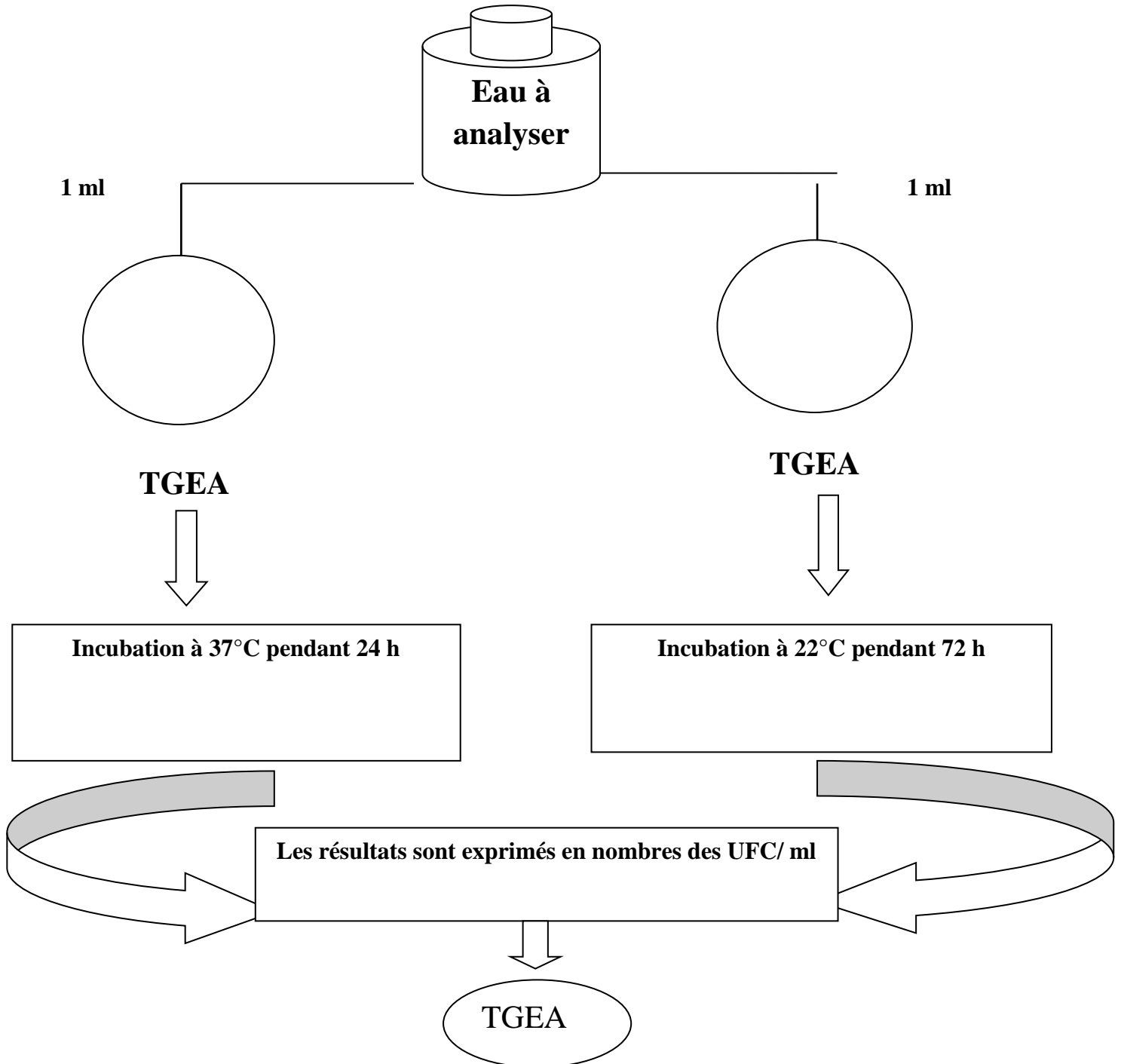
#### **Mode opératoire**

- On prend deux boites de pétri stériles et on note sur chaque boite la date et la température d'incubation ;
- Près d'un bec benzène, on prélève 1 ml d'eau à analyser et on ensemence dans chaque boite ;
- On fait couler environ 19ml la gélose préalablement fondue et refroidie à 45 °C ;
- On agite doucement par un mouvement circulaire en forme de « 8 », pour assurer un mélange homogène
- Les boites seront partagées en deux séries distinctes :

- La première série sera incubée à  $22\pm 2C^{\circ}$  pendant  $24h \pm 4 h$
- La deuxième série sera incubée à  $37\pm 2C^{\circ}$  pendant  $24h \pm 4 h$

**Lecture :** après 24 heures il apparait un mélange de colonies blanches et jaunes.

Le dénombrement est exprimé en UFC/100 ml.



**Fig.27 :** schéma présente les étapes de dénombrement des germes totaux



Fig.4: Photo montre les boîtes de pétri collé par le milieu TGEA pour dénombrement des germes totaux.

### B. Le dénombrement des coliformes totaux

Les coliformes se présentent sous forme des *bacilles à Gram négatifs (BGN)*, non *sporogones*, *oxydase négative*, *aero-anaérobies facultatifs*, capables de croître en présence de sels *biliaires* et capables de *fermenter le lactose* avec production d'acides et de gaz, en 24 à 48heures à 37°C.

La Technique en milieu liquide sur *BCPL*, fait appel à deux tests consécutifs à savoir :

- Le test de présomption ; réservé à la recherche des *coliformes totaux*
- Le test de confirmation ; encore appelé test de *MAC KENZIE* et réservé à la recherche des *coliformes fécaux* à partir des tubes positifs du test de présomption. En tenant compte du fait qu'*Escherichia Coli* est à la fois producteur de gaz et d'indole à 44 °C (figure n°29) (Rodier 2009).



Fig.29: Photo montrant les boîtes de pétri collé par le milieu BCPL pour dénombrement des coliformes.

- **1ère étape: Test présomptif de la présence ou l'absence des coliformes.**

On ensemence à partir de l'eau à analyser, porté aseptiquement :

- 2 fois 10ml dans un flacon contenant 10 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham.

- 2 fois 1 ml dans 2 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham.

- 2 fois 0,1 ml dans 2 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham

Le gaz présent éventuellement dans les cloches de *Durham* doit être chassé et bien mélangé le milieu et *l'inoculum*. L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 h. Seront considérés comme positifs les tubes présentant à la fois :

- Un dégagement gazeux (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche).
- Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu).

- **Expression des résultats des *Coliformes totaux***

Le nombre des coliformes totaux par 100 ml est obtenu en comptant le nombre des tubes positifs en se référant à la table de Mac Credy qui nous donne le nombre le plus probable (NPP).

- **2eme étape: Test confirmatif de la présence ou l'absence d'*E. Coli*.**

\_ On repique chaque tube de BPCL positif 2 à 3 gouttes par une pipette pasteur dans un tube de bouillon Schubert muni d'une cloche de Durham ;

\_ On incube à 44 °C pendant 24 heures ;

\_ On considère comme positifs tous les tubes présentant à la fois ;

\_ Un trouble avec un dégagement gazeux ;

\_ Anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par

*E. Coli* Après adjonction de 2 à 3 gouttes de réactif de Kovacs.

- **Expression des résultats des *Coliformes fécaux***

Le dénombrement d'*E. Coli* s'effectue de la même façon que celui des coliformes totaux sur la table de Mac Credy.

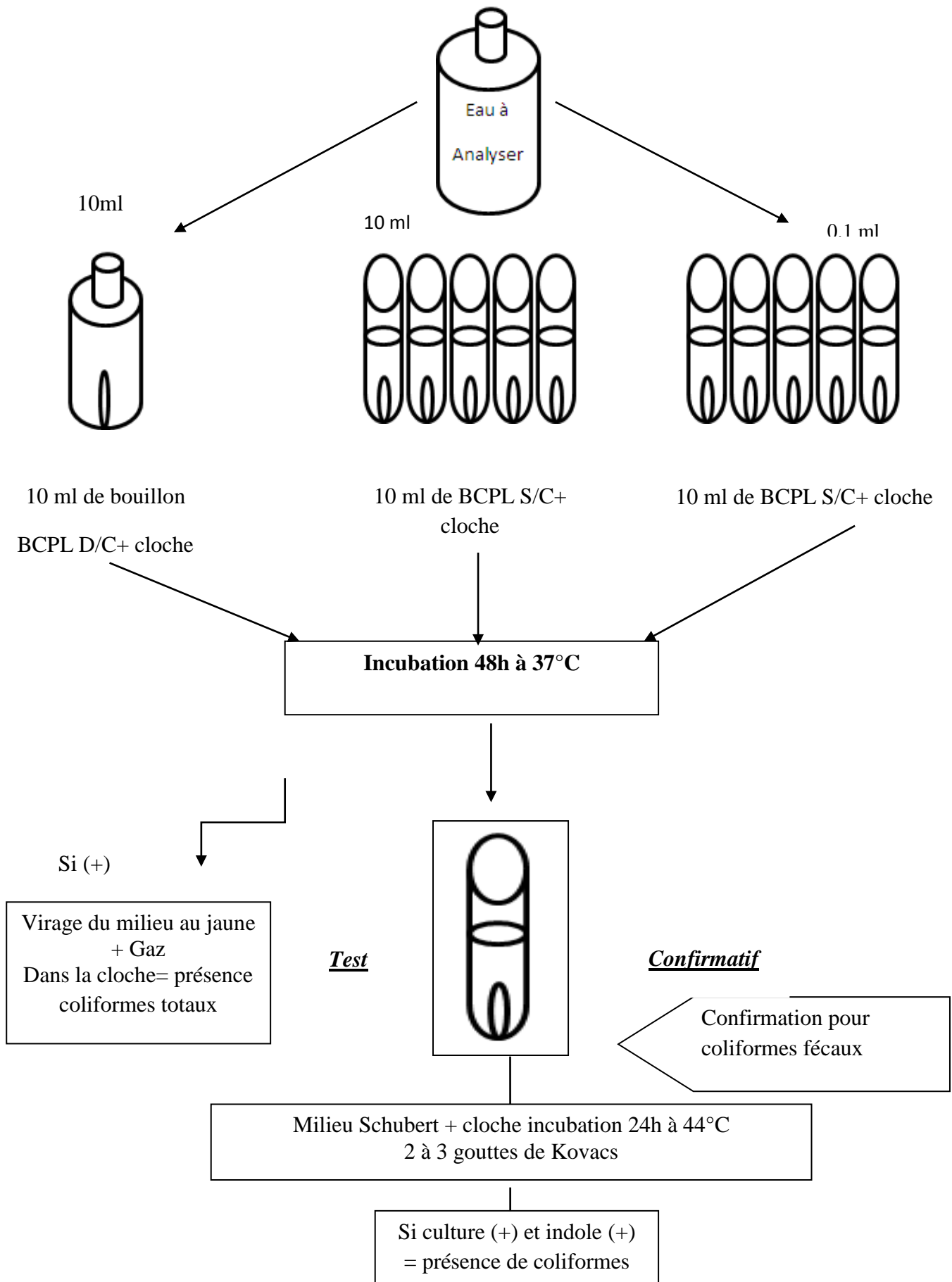


Fig.30: Recherche et dénombrement des coliformes.

### **C. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux**

Les Streptocoques fécaux (*Enterococcus* ou *Streptocoques D*) sont des commensaux de l'intestin. Le nombre de Streptocoques étant en général peu élevé,

On utilise dans un premier temps un milieu d'enrichissement relativement sélectif, le milieu de Un trouble microbien permet de conclure que dans les tubes correspondants a cultivé au moins un Streptocoque fécal présumé provenant e l'inoculum.

On doit donc vérifier dans un deuxième temps si les bactéries qui ont cultivés sont bien des streptocoques .on utilise l'action de deux agents sélectifs en repiquant une anse des milieux positifs dans le milieu de Litsky

#### **Test de présomption**

A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement :

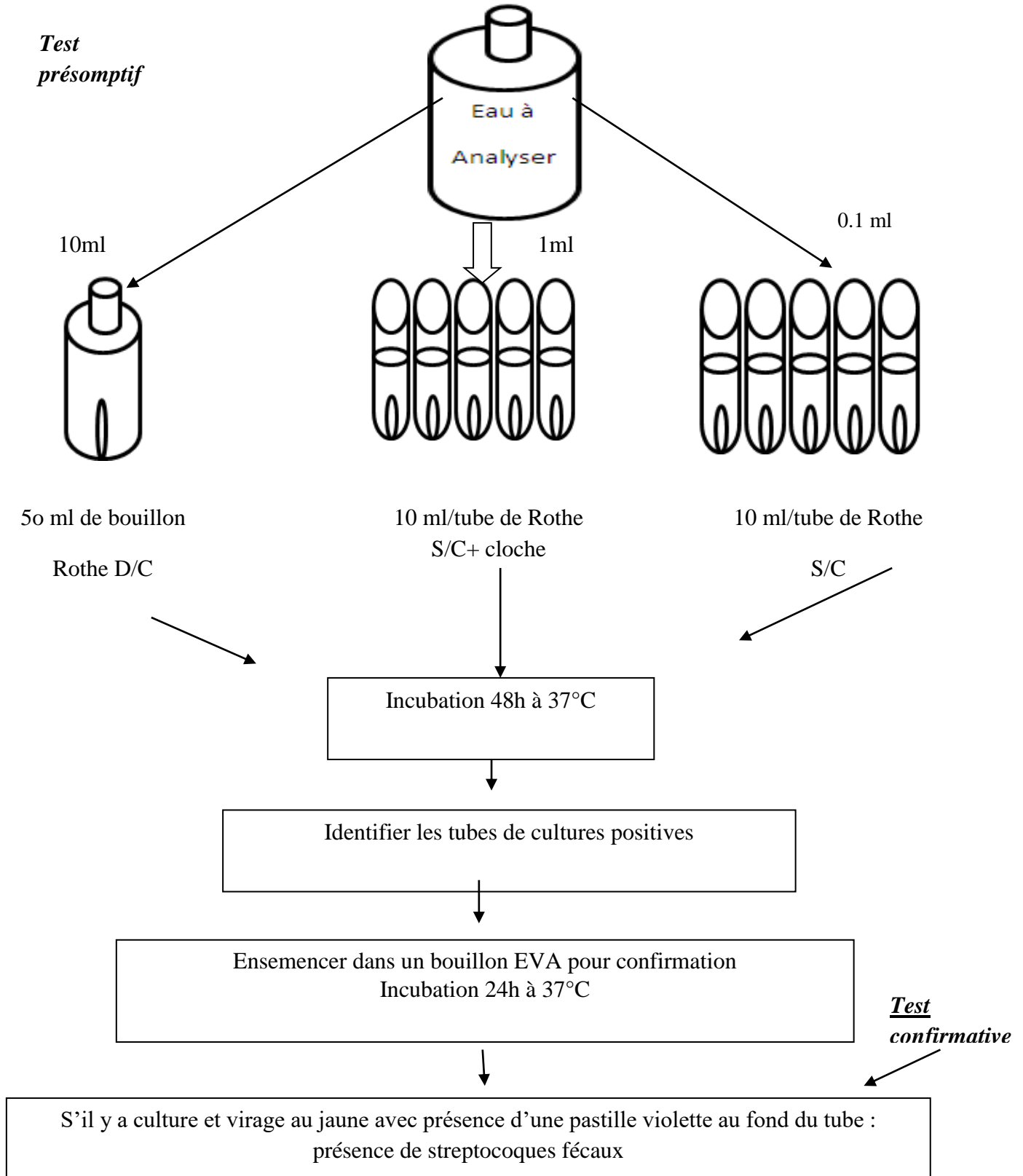
- 2 fois 10 ml dans 2 tubes contenant 10 ml de milieu Rothe D/C (double concentration) ;
  - 2 fois 1 ml dans 2 tubes contenant 10 ml de milieu Rothe S/C (simple concentration),
  - 2 fois 0.1ml dans 2 tubes contenant 10 ml de milieu Rothe S/C:
- On mélange bien le milieu. L'incubation se fait à 37 °C pendant 24 à 48 heures. Seront considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :
- Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu pendant cette période est présumé contenir un streptocoque fécal.
  - La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP.

#### **Test de confirmation**

- Le test de confirmation est basé sur la confirmation des *Streptocoque fécaux* éventuellement présents dans le test de présomption. Après l'agitation des tubes de Rothe positifs, prélevée de chacun un millilitre à l'aide d'une pipette Pasteur dont faire l'objet d'un repiquage dans un tube contenant le milieu Litsky Eva .
- Bien mélanger le milieu et l'inoculum et l'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures. Seront considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :
- Un trouble microbien.

- Une pastille violette (blanchâtre) au fond des tubes.

La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP, le nombre de streptocoque fécaux sont par 100 ml de l'eau analysé.



**Fig.31:** recherche et dénombrement des streptocoques fécaux.

3- RESULTATS ET DISCUSSIONS .....	57
III.1- RESULTAT DES PARAMETRES PHYSICOCHIMIQUES.....	57
III.2- DISCUSSION .....	58
III.3 RESULTATS DES PARAMETRES BACTERIOLOGIQUES.....	71
Conclusion	
Références bibliographiques	
Annexes	



### 3- RESULTATS ET DISCUSSIONS

#### III.1- RESULTAT DES PARAMETRES PHYSICOCHIMIQUES

Les résultats des analyses d'eau potable sont notées dans les tableaux en dessous, ils ont pour but d'évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux potables existantes au niveau de la région HassiR'mel- wilaya de Laghouat.

**Tableau 12:** Les résultats des analyses physico-chimiques d'eau potable de la région HassiR'mel.

La zone	Bellil				HassiR'mel			
	cité 250	cité 433	cité 200	cité 1200	cité Zouhor	cité OPG	cité Aston	cité 80
<b>Paramètres</b>								
<b>température</b>	17.5	17.5	17.4	17.7	20.1	20.1	17.8	15.9
<b>PH</b>	8.19	8.04	8.04	7.93	7.78	7.8	7.8	7.86
<b>CE 25</b>	1104	1085	1082	1091	1205	1770	1202	1740
<b>TDS</b>	551	542	542	546	603	885	602	870
<b>minéralisation</b>	837.4	823.02	820.74	827.57	914.04	1342.6	911.76	1319.8
<b>Salinité</b>	0.551	0.542	0.542	0.546	0.603	0.885	0.602	0.87
<b>Turbidité</b>	0.129	0.582	0.202	0.451	0.368	0.508	0.659	0.269
<b>Ca<sup>2+</sup></b>	116.232	180.36	168.336	60.12	44.088	32.064	40.08	224.448
<b>Mg<sup>2+</sup></b>	51.072	12.16	19.456	109.44	162.944	68.096	162.944	575.552
<b>Na<sup>+</sup></b>	0.9	0.91	0.9	0.92	0.92	1.19	0.95	4.56
<b>K<sup>+</sup></b>	0.63	0.61	0.67	0.55	0.67	1.2	0.71	0.76
<b>Cl<sup>-</sup></b>	142	120.7	113.6	142	177.5	418.9	227.2	362.1
<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b>	230.4	278.4	240	316.8	441.6	211.2	624	278.4
<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	316.2	316.2	421.6	263.5	263.5	210.8	316.2	316.2
<b>PO<sub>4</sub><sup>3-</sup></b>	0.05	0.13	0.12	0.12	0.14	0.06	0.08	0.53
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	0.06	0.12	0.11	0.12	0.12	0.12	0.12	0
<b>No<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	57.5	40.1	64	23.5	39.3	18	20.4	42.1
<b>N0<sub>2</sub><sup>-</sup></b>	0	0	0	0	0	0	0	0

### III.2-DISCUSSION

#### 1- la Température

La température des eaux est indiquée dans le tableau.

**Tableau 13:** La température des eaux potables étudiée en unité °C.

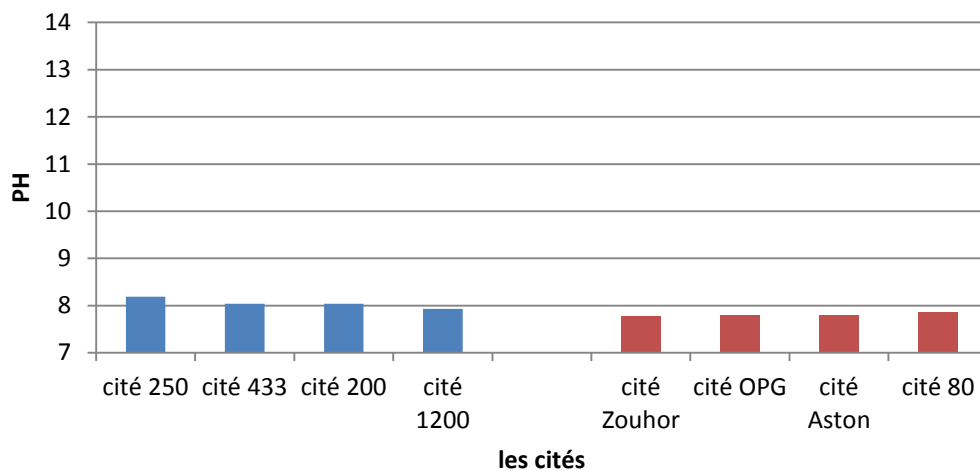
zone	Belil				HassiR'mel			
Cités Paramètre	cité 250	cité 433	cité 200	cité 1200	cité Zouhor	cité OPG	cité Aston	cité 80
Température °C	17.5	17.5	17.4	17.7	20.1	20.1	17.8	15.9

D'après les analyses, La température des eaux mesurée pour les huit cités, elle est variée entre (15.9°C – 20.1°C), cette variation thermique peut être en fonction du climat, mais elle reste dans la norme (inférieure à 25°C), on peut conclure que les eaux étudiées pour les deux agglomérations sont potables.

#### 2- le Potentiel Hydrogène

Le pH dépend de l'origine des eaux, de la nature géologique du substrat et du bassin versant traversé (Dussart, 1966; Bermond et Vuichard, 1973).

Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques entre l'eau, le gaz carbonique dissous, les carbonates et les bicarbonates qui constituent des solutions tamponnées conférant à la vie aquatique un développement favorable.



**Fig.32:** pH des eaux potables étudiés.

D'après la figure N°32 on peut dire que la plupart des eaux étudiées présentent des pH proches, il varie entre 7.78 à 8.19. Les valeurs observées révèlent que le pH est légèrement

neutre à alcalin dans toutes les cartiers. Les différentes eaux sont considérées comme potables selon l'OMS et la norme algérienne.

### 3-La conductivité et minéralisation

Les différentes eaux analysées présentent une conductivité et minéralisation acceptables dont elles varient respectivement de 1082 $\mu$ s/cm à 1770 $\mu$ s/cm pour la conductivité électrique et de 1342.62-1319.86mg/l.pour la minéralisation. Nos résultats sont dans l'intervalle de la potabilité selon l'OMS et le journal algérien.

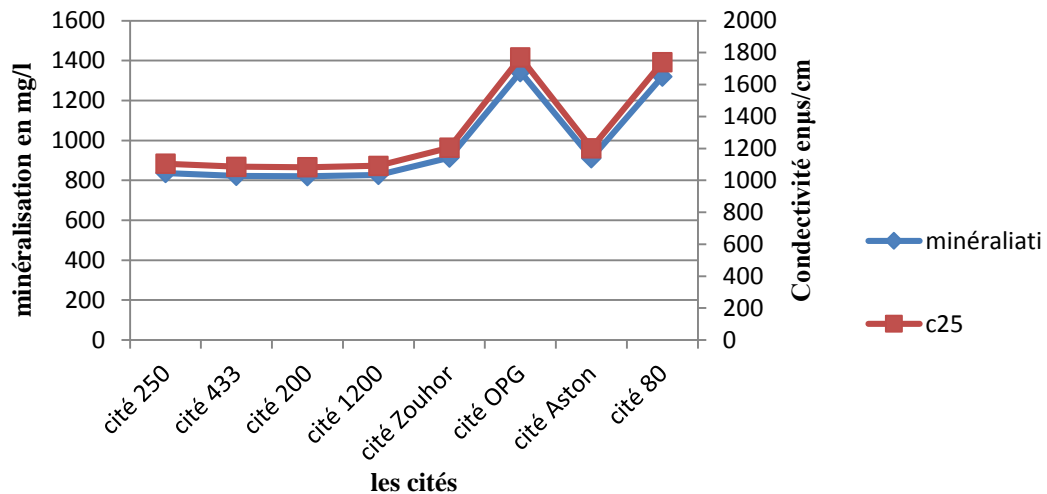


Fig.33: Teneur de Minéralisation mg/l et la conductivité  $\mu$ s/cm des eaux potables analysées.

L'eau de distribution au niveau de la cité OPG semble être la plus conductible avec 1770  $\mu$ s/cm et on classée comme d'eau médiocre, L'eau de robinet des autres cités ont des conductivités proches. Toutefois cette conductivité indique une minéralisation importante. et on peut classée comme d'eau de moyenne qualité.

La conductivité est fonction de la teneur en ions qui sont mobiles dans un champ électrique tel que les ions de bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ), les ions Calcium ( $\text{Ca}^{+2}$ ), les ions Sodium ( $\text{Na}^+$ )...etc. Aussi elle est fonction de la température de l'eau : elle est plus importante lorsque la température augmente (Rodier et al, 2005).

Les résultats du taux de minéralisation (Figure N°33), montrent que l'eau de robinet des cités OPG, 80 logement contient plus de minéraux avec un taux de 1342.62, 1319.86 mg/l. L'eau des autres cités présentent une minéralisation proche mais cela ne vaut en ce qui concerne qu'elles présentent la même qualité.

### 4-Le taux de sels dissous (TDS) et la salinité

La salinité correspond à la quantité de sels dissouts à savoir le chlorure de sodium ( $\text{NaCl}$ ), chlorure de magnésium ( $\text{MgCl}_2$ ).... Une augmentation de la salinité indique

une augmentation en ions sodium ( $\text{Na}^+$ ), magnésium ( $\text{Mg}^{+2}$ ), chlorure ( $\text{Cl}^-$ ), après dissociation des sels (Figarella et Leyral, 2002 ; Rodier et al, 2005).

Les résultats exprimés en mg de sels dissouts par litre d'eau sont donnés dans le tableau N°14.

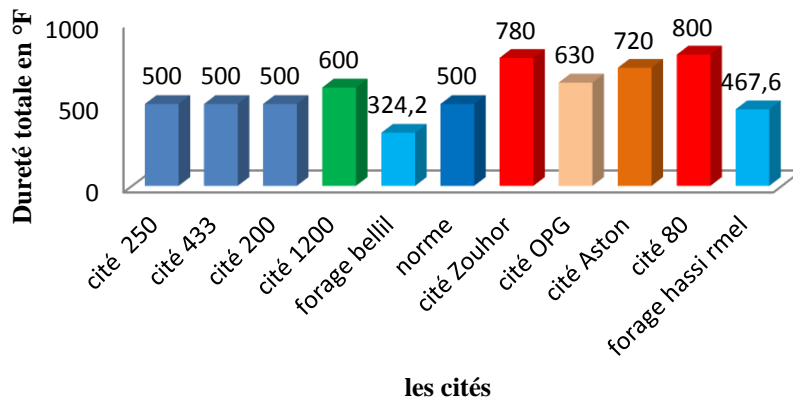
**Tableau 14:** Teneur de TDS NTU et la Salinité g/l des eaux potables analysées.

Zone	Bellil				HassiR'mel			
Cités	cité 250	cité 433	cité 200	cité 1200	cité Zouhor	cité OPG	cité Aston	cité 80
Paramètre TDS NTU	5.51	5.42	5.42	5.46	6.03	8.85	6.02	8.70
Sal g/l	0.551	0.542	0.542	0.546	0.603	0.885	0.602	0.87

L'eau de distribution de l'agglomération HassiR'mel (cité 80, cité OPG) semble contenir plus de sels dissouts (870, 885 mg/l) alors que les autres cités contiennent des quantités de sels proches (540 mg/l). donc on distingue que l'eau de l'agglomération de Bellil est moins salée que l'eau de l'agglomération HassiR'mel.

**5- Dureté totale ou titre hydrométrique (TH) :**

La dureté de l'eau ou le titre hydrométrique est une mesure globale de la concentration en sels de (Ca, Mg)  $\text{CO}_3$  en méq/l dissouts dans l'eau par le dosage des ions de calcium et de magnésium.



**Fig.34** La Dureté totale ou titre hydrométrique des eaux potables analysées (en mg/l).

Pour l'usage domestique, on peut utiliser des eaux tirant jusqu'à 500mg de CaCO<sub>3</sub>/L(50°F), mais la dureté agréable se situe entre 80 et 150mg de CaCO<sub>3</sub> /L. (8et 15°F) (Rodier, 2009).

Pour agglomération de Bellil

D'après les résultats obtenues de l'analyse des eaux distribuées, nous constatons que la dureté des eaux distribuées ne dépasse pas la norme à l'exception de la cité 1200 où la valeur de la dureté de l'eau dépasse l'énorme qui est fixées par l'OMS de l'ordre de 100 à 500mg/l ; Cette variation est liée à la matière des conduites de distribution de cette cité.

Pour agglomération de HassiR'mel

Nous constatons que la dureté des eaux distribuées sont dépassé l'énorme d'OMS dans tout les cités étudiés (zouhor,OPG, Aston, 80).

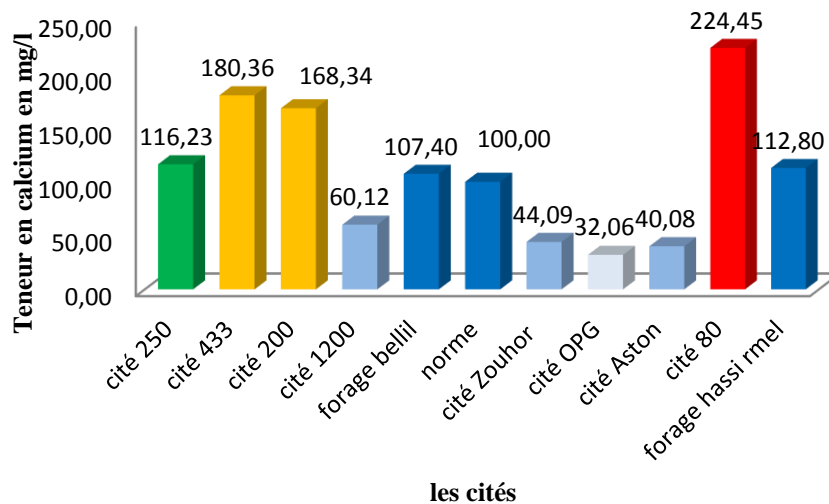
## 6- Sels Minéraux Dissous

### 6.1-les Cations

#### A. Calcium Ca<sup>2+</sup>

Le calcium est le cinquième élément le plus abondant de la croûte terrestre (plus de 3%) et c'est un cation essentiel pour la matière organique. Il contribue à la dureté de l'eau etc'est le minéral le plus abondant dans les eaux.

La teneur en calcium des eaux analysées est représentée dans la figureN°35 :



**Fig.35:** la teneur en calcium des eaux potables analysé.

Pour agglomération Bellil

D'après les résultats obtenus de l'analyse des eaux distribuées, nous concluons que la teneur de calcium de la cité 1200 sont acceptable a l'énorme, par contre les autres cités la teneur en Ca<sup>+2</sup> dépasse la norme surtout pour les eaux qui distribuées au niveau de la cité 200 et 433 logements.

Pour agglomération HassiR'mel

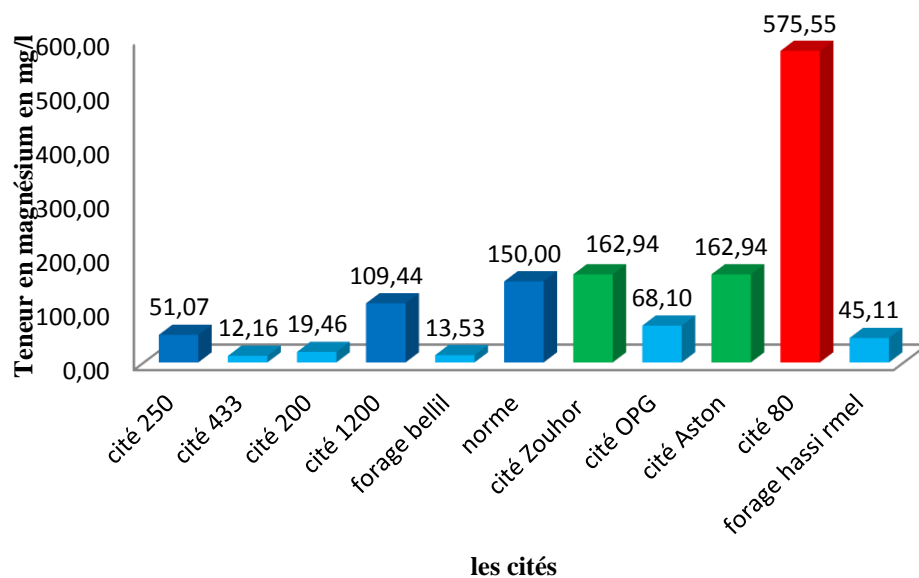
D'après les résultats obtenus de l'analyse des eaux distribuées, nous remarquons que l'eau de robinet de la cité 80 logements présente la teneur en calcium la plus remarquable et légèrement supérieure aux normes ; constatation logique l'impact de teneur cet élément sur la forte dureté observées.

Tout les restes échantillons analysées dans cette agglomération présentent un teneur en calcium acceptable à l'énorme qui est de 100 mg/l.

Sur le plan de la santé humaine, aucune étude ne montre un effet néfaste ou une relation dose/effet de cet élément dans l'eau (Rodier et al, 2005 ; Benamar et al, 2011).

### **B. Magnésium Mg<sup>2+</sup>**

Les résultats obtenus montrent que la majorité des différents échantillons d'eau analysée ont un teneur en magnésium inférieur à la norme de l'OMS et la norme algérienne de potabilité.



**Fig.36:** la teneur en magnésium des eaux potables analysées.

D'après la figure N°36; on remarque que pour la totalité des échantillons d'eau prélevée au niveau de localité de Bellil ont des teneurs en  $Mg^{+2}$  inférieure à 110 mg/l.

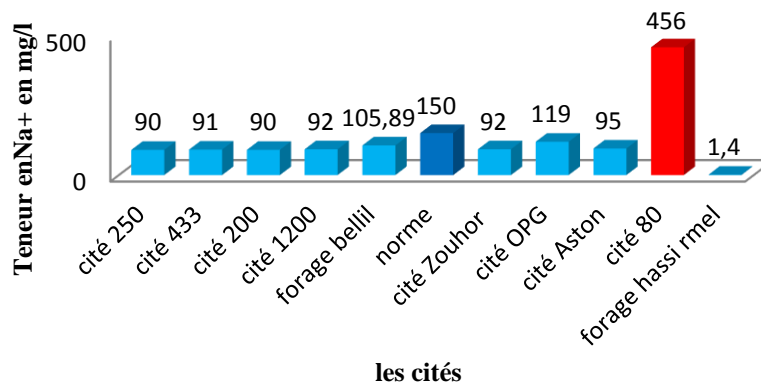
Par contre on aperçoit un dépassement de la norme pour les eaux prélevées au niveau de la ville de HassiR'mel (cité Zouhour ; la cité Aston et la cité 80 logements).

Le magnésium constitue un élément significatif de la dureté de l'eau. La plupart des sels de magnésium sont très solubles dans l'eau même le carbonate peut être dissous (jusqu'à 300mg/l à 20°C) (Rodier et al, 2005).

**C.Sodium et Potassium  $Na^+ K^+$**

Le sodium  $Na^+$  c'est l'élément minéral le plus important des liquides du corps humain. Il participe à l'équilibre du « milieu intérieur » et joue un rôle important dans la régulation de la pression artérielle. La modification du pH à l'aide d'hydroxyde de sodium peut aussi augmenter cette teneur de 12 mg/L, en fonction de l'effet tampon de l'eau. Le sodium est un élément vital qui participe à des fonctions essentielles dans l'organisme. Il est nécessaire de fournir 2000 mg/jour à l'organisme adulte (enfant : 200 mg/jour).

Le Potassium  $K^+$  est un élément principalement rencontré dans les roches sédimentaires et surtout les argiles. Il joue un rôle essentiel dans la transmission du courant nerveux et de la contraction musculaire. Une carence, qui affecte le système neuromusculaire, peut aller jusqu'à la paralysie et l'arythmie cardiaque, Ces carences sont souvent lieu lors de régime amaigrissant associé à des prises de diurétique ou de laxatif, surtout s'ils sont associés à des vomissements volontaires, pour lequel les besoins de l'organisme sont de l'ordre de 1.5 à 4 g/jour. Une carence en potassium provoque des dysfonctionnements cardiaques.



**Fig.37:** la teneur en  $Na^+$ mg/l des eaux potables échantillonnées.

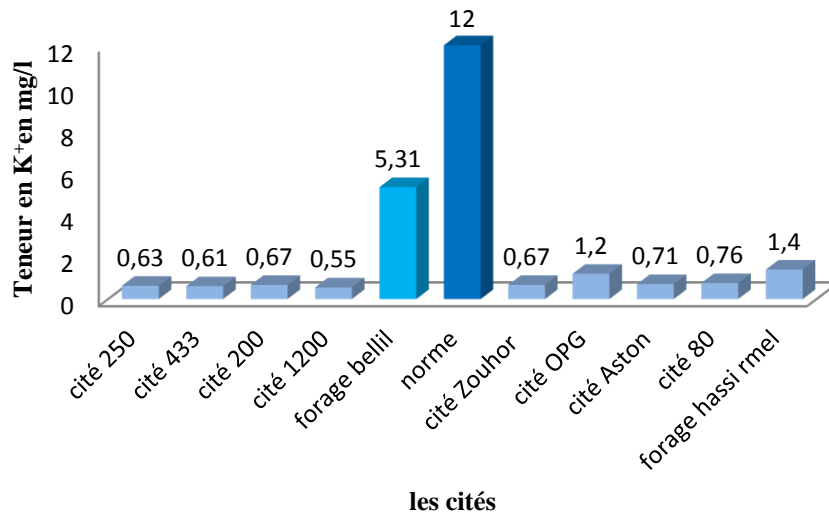


Fig.38: la teneur en K<sup>+</sup> mg/l des eaux potables échantillonnées.

La présence de sodium et potassium dans tous les échantillons à des concentrations significatives est liée à la lithologie de la région étant donné que ces éléments entrent dans la composition des argiles qui se trouvent dans la majorité des couches géologiques.

#### Pour l'agglomération Bellil

D'après les figures N°37-38 nous remarquons que les résultats obtenus montrent que les différentes eaux potables étudiées ont des teneurs en sodium acceptables par rapport à la norme algérienne (150mg/l). Et des très faibles teneurs en Potassium respectent les normes algériennes de potabilité de l'ordre de (12mg/l) sans changement par rapport à la teneur observée au niveau du forage Bellil.

#### Pour agglomération HassiR'mel

On remarque que l'eau de robinet distribuée au niveau de la cité 80 logement présente une teneur de sodium très élevée à l'ordre de 456mg/l ; mais pour le reste des cités, elle présente une teneur en sodium acceptable à la norme qui est de 150 mg/l.

Les teneurs en Potassium sont très faibles, qui respectent la norme algérienne de potabilité (12mg/l) pour cette agglomération.

## 6.2 Les Anions

### A. Chlorures $Cl^-$

La teneur en chlorures des eaux semble être conforme aux normes de l’OMS et les normes algériennes.

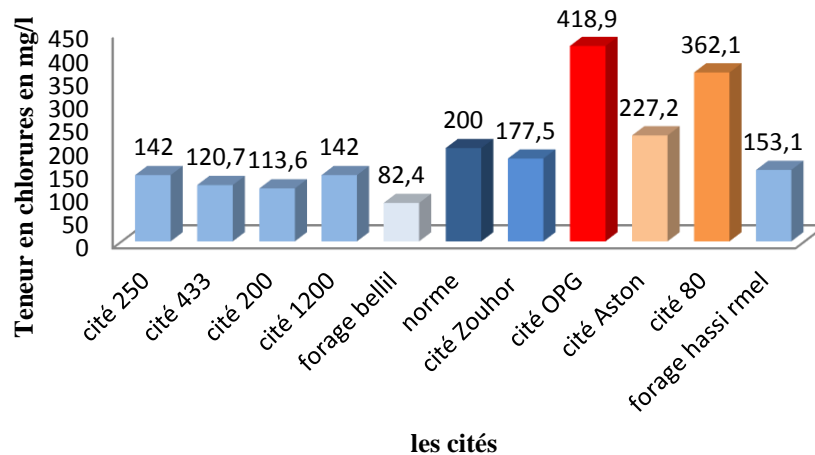


Fig.39: Teneur de chlorures des eaux analysées.

D’après la figure N°39 on remarque que L’eau de robinet prélevée au niveau de l’agglomération Hassi R’mel ; la cité OPG, la cité 80 logement et la cité Aston présente la teneur la plus élevée, ces teneur dépassent la norme algérienne qui est **200mg/l**; Par contre l’eau de robinet de la cité Zouhor présente une teneur en Chlorures acceptable à la norme (**177.5, mg/l**).

Par contre dans la localité Bellil, nous remarquons que Les eaux distribuées présentent une teneur en chlorure acceptable à la norme algérienne.

Ce teneur est en fonction de la nature de terrains d’où l’eau provient. La teneur élevée enregistrée illustre le fait que les canalisations dans ces régions sont exposées à la corrosion.

La teneur en sulfates est liée à la nature des terrains que l’eau traverse, surtout les sols contenant le gypse.

B. Sulfates  $\text{SO}_4^{2-}$

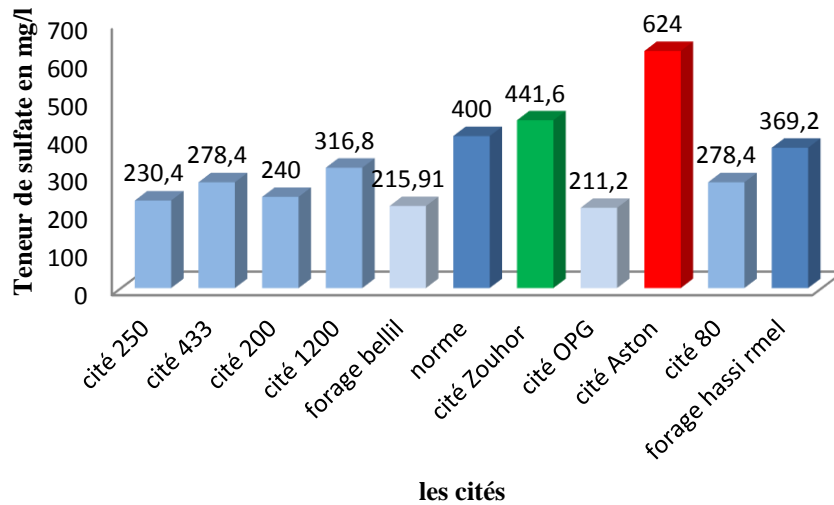


Fig.40: Teneur de Sulfates des eaux analysées.

D'après la figure N°40 ; on remarque que pour la totalité des échantillons d'eau prélevée au niveau de localité de Bellilont des teneurs en sulfates inférieure à 400 mg/l .par contre on aperçoit un dépassement de la norme pour les eaux prélevées au niveau de la ville de hassiR'mel (cité zouhour ; la cité Aston).qui mis en évidence le gout désagréable à ces eaux de consommation et les rendentcorrosives vis-à-vis des conduites et accélère la corrosion du fer également la teneur en sulfates observée dans l'eau dans la ville HassiR'mel exactement les deux cités (Zouhor, Aston)sont nocives pour la végétation).

Sur le plan sanitaire et en dehors du goût désagréable communiqué à l'eau, les eaux de ces cités provoque des diarrhées chez les enfants, on peut également signaler certains effets laxatifs des Sulfates en particulier s'ils sont au Magnésium et au Sodium t'elle que insuffisance rénale.

### C. Bicarbonates $\text{HCO}_3^-$

Les bicarbonates sont considérés comme les anions les moins répondus dans les eaux. Elles sont Proportionnellement liées à l'alcalinité de l'eau.

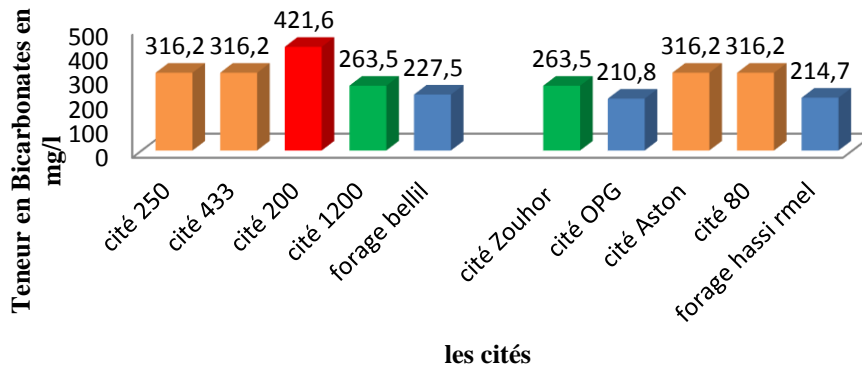


Fig.41: Teneur en Bicarbonates des eaux analysées.

D'après la figure N°41 ; nous remarquons que la teneur de bicarbonates des échantillons d'eau prélevée au niveau de la ville HassiR'mel ont des teneurs supérieures à 200 mg/l. Et on remarque pour l'eau analysé de la localité Bellil qui est une teneur en  $\text{HCO}_3^-$  variée entre 263.5 – 421.6 mg/l, ces teneurs dépassent la teneur de bicarbonates dans le forage.

Cette augmentation des teneurs en bicarbonates est liée à la dissolution des terrains carbonatés.

### D. Phosphate $\text{PO}_4^{3-}$

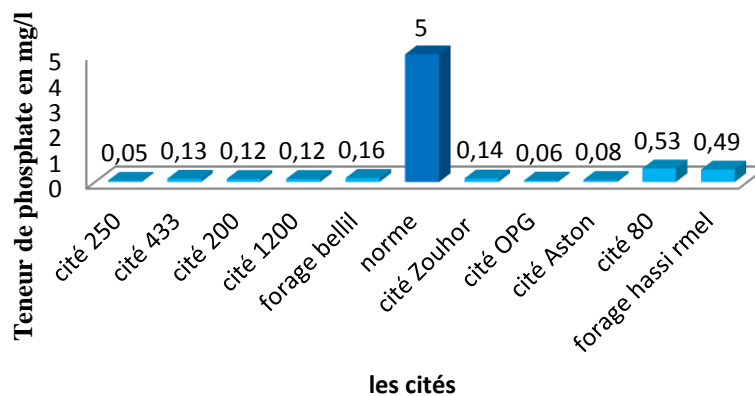


Figure 42: Teneur de phosphate des eaux potables analysées.

D'après la figure N°42 ; nous remarquons que la teneur de ortho phosphates dans les eaux prélevées au niveau de la ville HassiR'mel ont des teneurs inférieures à 0.49 mg/l.

Mais on remarque pour l'eau analysée de la localité Bellil les teneurs en phosphates sont proches entre 0.05 -0.13 mg/l.

**E. Ammonium NH<sub>4</sub><sup>+</sup>**

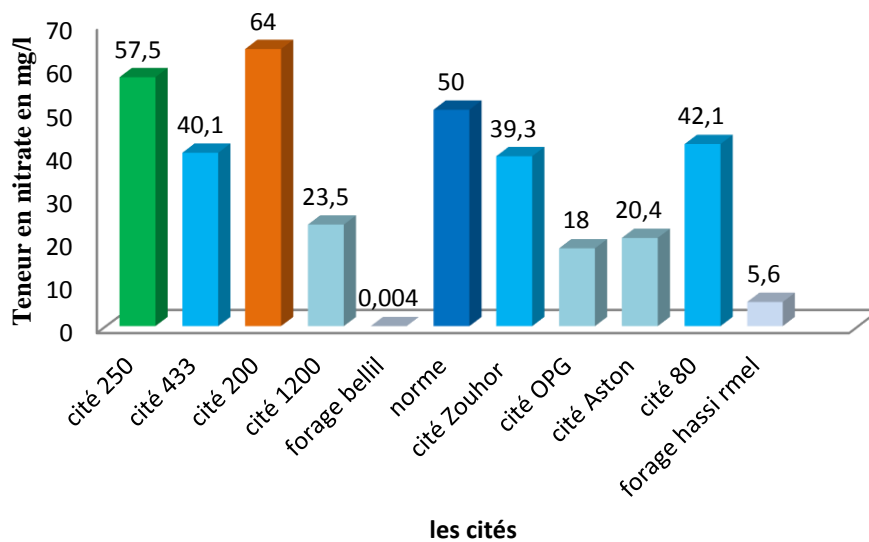
**Tableau 15:** Teneur en ammonium des eaux étudiées (en mg/l).

Zone	Bellil				HassiR'mel			
Cités	cité 250	cité 433	cité 200	cité 1200	cité Zouhor	cité OPG	cité Aston	cité 80
Paramètre								
NO <sup>2-</sup> mg/l	0.06	0.12	0.11	0.12	0.12	0.12	0.12	0

D'après le tableau N°15 nous remarquons que la teneur de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> de tout les échantillons prélevés sont des teneurs acceptable a la norme algérienne (0.5mg/l).

**F. Nitrates NO<sub>3</sub><sup>-</sup>**

Les nitrates étant un élément nocif à fortes doses, lorsque les doses dépassent 100mg/l, les nitrates sont capables de former *in vivo* des dérivés « les nitrosamines » à pouvoir cancérigène. L'OMS fixe la dose journalière admissible pour les nitrates (DJA) à 3.7 mg de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> /kg/jour (Monteil, 1999 ; Chausse et al, 2003).



**Fig.43:** Teneur en Nitrate dans les eaux potables analysées.

D'après la figure N°43, on remarque que la teneur de nitrates des analysées aux niveaux de l'agglomération Bellil est plus élevée que la valeur de forage (0.004mg/l); Ils dépassent les normes de l'OMS et la norme algérienne 50mg/l dans les deux cités suivantes : la cité 250 avec 57.5mg/l et la cité 200 avec 64 mg/l. par contre la teneur de nitrates dans la région HassiR'mel restent dans la norme.

**G. Nitrite NO<sub>2</sub><sup>-</sup>**

**Tableau 16:** Teneur en nitrites des eaux étudiées (en mg/l).

<b>Zone</b>	<b>Bellil</b>				<b>HassiR'mel</b>			
<b>Cités</b>	<b>cité 250</b>	<b>cité 433</b>	<b>cité 200</b>	<b>cité 1200</b>	<b>cité Zouhor</b>	<b>cité OPG</b>	<b>cité Aston</b>	<b>cité 80</b>
<b>Paramètre</b>								
<b>NO<sub>2</sub><sup>-</sup> mg/l</b>	0	0	0	0	0	0	0	0

Les teneurs en nitrites dans tous les échantillons sont de quantités minimales qui restent dans la norme qui est de 0,1 mg/l. parce que Les Nitrites constituent une phase intermédiaire instable dans l'eau en raison de son oxydation biologique rapide en nitrate, de ce fait son existence dans l'eau est à très faibles doses.

### III.3 RESULTATS DES PARAMETRES BACTERIOLOGIQUES

Tableau 17: Paramètres bactériologiques des eaux potables étudiées dans la zone HassiR'mel.

Paramètres	cité 250	cité 433	cité 200	cité 1200	cité Zouhor	cité OPG	cité Aston	cité 80	Normes Alg	Unité
Coliformes Totaux à 37°	00	00	00	00	00	00	00	00	00	UFC/100ml
Coliformes fécaux à 44°	00	00	00	00	00	00	00	00	00	UFC/100ml
Streptocoques fécaux	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	00	UFC/100ml
Germes Totaux à 37°C	00	00	00	00	00	00	00	00	10	UFC/1ml
Germes Totaux à 22°C	00	00	00	00	00	00	00	00	100	UFC/1ml

Concernant les analyses bactériologiques des eaux de huit quartiers étudiés, on a permis de retenir les résultats suivants :

#### 1-Coliformes fécaux

La lecture montre l'absence de colonies, le résultat est négatif.

#### -E. coli

1<sup>ère</sup> Lecture : Des colonies jaunes ont été observées après 24 heures d'incubation.

- On effectue le test confirmatif c'est-à-dire le repiquage sur un milieu liquide de Schubert muni d'une cloche de Durham et une incubation à 44° C pendant 24 heures.

2<sup>ème</sup>Lecture : malgré la confirmation, il n'existe pas de production de gaz dans la cloche de Durham. De ce fait, on peut dire qu'il n'existe d'E. Coli dans l'eau.

## **2- Streptocoques fécaux**

La lecture montre qu'il n'y a pas de colonies jaune orangé.

## **3-les Germes Totaux**

La lecture montre qu'il n'y a pas de colonies blanches et jaunes.

## Conclusion

La qualité physico-chimique d'une eau potable est liée à plusieurs facteurs intervenant dans la caractérisation de cette eau ; elle se détériore d'une eau à une autre selon le sol, l'environnement, le climat ; l'état et le comportement hydraulique du réseau de distribution de cette ressource,.... etc.

Notre travail est porté sur une étude d'expertise expérimentale des eaux potables distribuées au niveau de la zone industrielle de Hassi R'mel , wilaya de Laghouat qu'est une région particulière vulnérable; en conséquence, nous avons effectué une campagne de prélèvements des eaux potables au niveau des quartiers de la commune de Hassi R'mel à fin d'évaluer la situation qualitative de la qualité physico-chimiques et bactériologiques de l'eau potable de cette région ; Nous avons pris des échantillons d'eau potable au niveau de huit cités quatre cités pour agglomération de Bellil :( la cité 200, la cité 433, la cité 200, la cité 1200) ; et quatre cités pour agglomération de Hassi R'mel : (la cité Zouhor , la cité OPG , la cité Aston, la cité 80.

D'après Les résultats des l'analyses physico-chimiques des eaux potables étudiées, nous pouvons conclure :

- ❑ **La Température** est variée entre **15.9°C - 20.1°C** : Cette variation thermique est liée à la température de l'air, ces changements de température agissent sur l'équilibre d'ionisation de tout soluté présents dans l'eau.
- ❑ Le **PH** des eaux analysées est **alcalin** pour la totalité des échantillons : Cette alcalinité est influencée par la présence de bases conjuguées de carbone inorganique ( $\text{HCO}_3^-$  et  $\text{CO}_3^{2-}$ ) et d'acides organiques ainsi que d'ortho phosphates ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ).
- ❑ **CE** des eaux est élevé indique une **minéralisation importante** qui peut être à l'origine de dépôts (entartrage lorsque les sels de calcium sont en excès), mais n'a pas de conséquences importantes sur la santé.
- ❑ **TH** des eaux dépasse 50 °F. Elles sont très dures ; cette dureté est due à forte teneur en calcium et magnésium mais elle n'entraîne pas de conséquence sur la santé humaine, par contre elles provoquent entartrage des Canalisations.
- ❑ Le teneur en **Ca<sup>2+</sup> et Mg<sup>+2</sup>** est **acceptable** à l'exception de la cité dite **80**.
- ❑ La teneur en **SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>** sont acceptable dans cette région à l'exception de la cité dite **ASTON** ; elle dépasse 300 mg/l ; Ces eaux doivent donc être utilisées avec précaution chez les sujets fragiles et chez les nourrissons.

- ❑ Les teneurs en  $\text{HCO}_3^-$  Toutes les eaux échantillonnées présentent des teneurs en bicarbonates élevées.
  - La présence des bicarbonates dans toutes les eaux analysées peut être due à la dissolution de roches carbonatées ou du  $\text{CO}_2$  du sol
- ❑ **La teneur en  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}$  et  $\text{Cl}^-$**  sont dans la norme dans toutes les eaux échantillonnées sauf pour la cité **ASTON** et **OPG** où elle dépasse le **300mg/l** pour les chlorures et le **150 mg/l** pour le sodium; Ces eaux sont déconseillées pour l'hypertendus sensibles au sodium.

Les teneurs en  $\text{NO}_3^+$  et Les teneurs en  $\text{PO}_4^{+2}$  sont dans la norme dans toutes les eaux échantillonnées.

- ❑ **Les analyses microbiologiques** effectuées sur les prélèvements ont révélé une absence totale des germes pathogènes et des germes de contamination fécale adjuvés par les normes algériennes.

A la lumière des résultats obtenus au cours de ce modeste travail :

- Sensibiliser les autorités locales.
- Elle est indispensable de faire un diagnostic du réseau de distribution des eaux potables
- Rénovation de réseau de distribution
- L'analyse des substances indésirables et les substances toxiques dans l'eau restent toujours nécessaires pour protéger le consommateur.

## **Les Références bibliographiques**

**Abdelhafidi.N, 2005** : Contribution à l'étude qualitative des ressources hydriques souterraines en zone semi-aride. (Cas de Synclinale Nord de Djelfa).Thèse, Ing.Agro. Université de Djelfa.

**Achour.S, Guergazi.S, 2005** : Caractéristiques physico-chimiques des eaux d'alimentation de la ville de Biskra. Pratique de la chloration, p 119-127. Doctorat en Pharmacie, MALI. p21. Alain Maurel, « Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres et d'autres procédés non conventionnels d'approvisionnement en eau douce », 2006,2ème édition.

**Alpha Sidiki.M ,2005** : Qualité Organoleptique de l'eau de consommation produite et distribuée par L'EDM.SA dans la ville de BAMAKO : évaluation saisonnière. Thèse D'achour.S, Guergazi.S, 2002-Incidence de la minéralisation des eaux algériennes sur la réactivité de composés organiques vis-à-vis du chlore, Rev. Sci. Eau, 15,3, p649-668.

**Anglaret X. E. Mortier, 2002** Maladies infectieuses, Edition, Med-Lin..p: 40-43.

**Arrus .R, 1985** « L'eau en Algérie de l'impérialisme au développement (1830-1962) »,

**Azizi,A, 2014** Mémoire de Master, Réutilisation l'eau condensat, Université des Sciences et de Technologie d'Oran Mohamed Boudiaf, p: 67.

**Baza.Y, 2006** : Contribution à l'étude de la qualité des eaux d'irrigation des zones semi-aride, cas de la région d'Ain Ibel. Thèse, Ing, Agro. Université de Djelfa. p 34-35.

**Belhouadjeb F. et Toaiba A., (2006)** Initiation à la régionalisation stochastiques des paramètres hydro chimiques dans le cadre d'un SIG, Application à la région de Ain Oussera. 77p, Thèse d'ingénieur, Ed. CU. Djelfa.

**Belhouadjeb.F.A.Toaiba.A.H.2006** : Initiation à la régionalisation stochastique des

**Berkani.I, Benarfa.N, 2005** : Contribution à l'étude de la qualité des eaux d'irrigation des zones semi-aride, cas de la région de Deldoul (plaine d'oueld Tolba).

**Bernard C,** « Introduction à l'étude de la médecine expérimentale », 2007, édition BiblioBazaar

**Bernard Rio Ed. Du Dauphin, 2006** : L'eau et la vie ; 218 pages

**Bernard Rio Ed. Du Dauphin, 2006** : L'eau et la vie ; 218 pages.

**BONNIN J,** « Aide-mémoire d'hydraulique urbaine », 1982, Edition. Eyrolles.

**Boucenna.F ,2009** :Mémoire de Magister, Cartographie par les différentes méthodes de vulnérabilité à la pollution d'une nappe côtière cas de la plaine alluviale de l'Oued Djendjen, Université de Badji Mokhtar, Annaba(Algérie), p:133.

**Boucheckima .B Bernade. G, Ouahes .R, Diboun M.,** 2000. Etude théorique et application pratique du distillateur solaire à film capillaire, Int .J. Thermo..SCI. 39, 442,459.

**Dajoz, R .2000** .précis d'écologie 7<sup>e</sup> Ed. Paris : DUNOD.614 p.

**Dégréement,** « Mémento technique de l'eau », 2005, Lavoisier-Lexique technique de l'eau. Tome 1, Paris.

**Degremont, 1989** : Mémento technique de l'eau, Tome 1 & 2, Collection Dégrement, ISBN 2-9503984-0-5, p: 1459.

**Diallo Brehima, 1996** : Analyse et contrôle de la pollution des eaux du fleuve Niger  
Direction des Affaires Sanitaires et Sociales de la Nouvelle-Calédonie, Elaborer et mettre en oeuvre un plan de sécurité sanitaire des eaux 28 Guide 4 : Suivi de la qualité de l'eau. , 2014, BP N4, 98851

**Direction des Affaires Sanitaires et Sociales de la Nouvelle-Calédonie, Elaborer et mettre en œuvre un plan de sécurité sanitaire des eaux 28 Guide 4 : Suivi de la qualité de l'eau, 2014.**

**Dupont A., 1974** ;Hydraulique urbaine. « Hydrologie, captage et traitement des eaux ».Tome 1.3eme édition: Eyrolles. Paris .P: 26-28-34-64

**Faurie, C. ; Ferra, CH. ; Medori, P .et al .2003.** Ecologie, approche scientifique et pratique.  
**Gartet A., Gartet J., Conesa G 2001.**Hydrochimie des eaux ,dissolution spécifique et salinité des cours d'eau dans le bassin de l'oued L'ébène (Périm central,maroc).Papeles de Geografia , Revue de l'université de Murcia,Vol34 :143-161.

**Gaujour D., 1985.** La pollution des milieux aquatiques: Aide mémoire. Édition: revue et augmenté. P: 49.

**Gaujour D., 1995.** La pollution des milieux aquatiques : Aide mémoire. 2eme édition : Lavoisier. P : 49.

**Genin .B, et al,** Cours d'eau, et indices biologiques, 2ème édition., Edugri, Paris, 2003, p: 15-17, p: 36-41.

**Gilbert.Castany.1998** : Hydrologie : principe et méthodes. Ed. Dunod, p 235.  
Grenoble

**Grosconde. G, Coord, 1999** :Un point sur l'eau (L'eau, usages et polluant), Tome 2ème édition., Inra, Paris, , p: 51-94.

**Grosconde, G, Coord, 1999** :Un point sur l'eau (l'eau milieu naturel et maitrise), Tome 1ème Edition., Inra, Paris, , p: 17-18.

**Guerd H., A. Mesghouni,** Mémoire de fin d'étude, Performance de la station de dessalement des eaux dans la région d'El-Oued, Université Kasdi Merbah-Ouagla, 2007, p:67

**Guyot, G .1999.** Climatologie de l'environnement, cours et exercice corrigés. 2ème édition.

**Habbai H. et Tirouma K.,** (2006) Contribution à l'étude des paramètres physico-chimiques et de pollution au sein de la station d'épuration des eaux usées domestiques de HASSI R'MEL, 65p, Thèse d'ingénieur, Ed. Uni. Laghouat.

**Hevrey M. et Hems J. 1986.** Aquarium d'eau douce. Office des publications universitaires. Alger.

**Humbert et Pommier,** 1988 in Tarik, 2005

**I.Othmani ;** « Optimisation des paramètres de fonctionnement du turbo-expander » ;

**Jacques Hubert, Claire Hubert, Paul Jungers, Michel Daudon, Philippe Hartemann ,2002 :** Eaux de boisson et lithiase calcique urinaire idiopathique, quelles eaux de boisson et quelle cure de diurèse. Progrès en Urologie, 12. p692-699.

**Kane.B, 2000 :** Evaluation saisonnière de quelques paramètres du contrôle de la qualité de l'eau du réseau d'adduction de la ville de Bamako, Thèse pharmacie, Bamako n°25.

**Kettab.A ;1992** « Traitement des eaux : Les eaux potables », , Edition : Office des Publications Universitaires. Alger

**Kirda. C, 1997:** Assessment of irrigation water quality.

**Lagreb.H, Semane.S, 2007 :** Etude de la qualité des eaux potables de la ville de Djelfa par régionalisation stochastique des paramètres hydro chimiques. Thèse, Ing, Biologie. Université de Djelfa. P 39-42.

**Lecoq.R, 1965** Manuel d'analyse alimentaire et d'expertises usuelles, Tome2 1er édition., Dion-Deron et C'a, Paris, , p: 910.

**Lelerc .H, 1977, et al,** Microbiologie appliquée, Edition Doin., p: 94-96.

Mémoire de fin d'étude université de BOUMERDES ; 2007.

**Michard, G. 2002.** Chimie des eaux naturelles. Principes de géochimie des eaux. Édition Publisud. 565p.

**Mireille Williame, 2004 :** Qualité des eaux de distribution publique dans le Nord/pas de CALAIS. p 6.

**Mouffok F.,** Le cours national d'hygiène et de microbiologie des eaux de boisson, Manuel des travaux pratiques des eaux. Institut Pasteur d'Algérie 2008, p: 53..

**Moussa Moumouni Djermakoye Hamsatou 2005 :** Les eaux résiduelles des Tanneries et des teintureries, Caractéristiques physico-chimiques, bactériologiques et impact sur les eaux de surface et les eaux souterraines. Thèse Doctorat en pharmacie. Mali, p 33.

**Moussa Moumouni Djermakoye Hamsatou 2005.**

**Mustapha Bouziani, 2000 :**L'eau de la pénurie aux maladies

**Nanfack, N.A. et al 2014**, Eaux non conventionnelles : un risque ou une solution aux problèmes d'eau pour les classes pauvres, Université de Dschang (Cameroun), , p: 96

**Nedjimi.S, 2006** : Contribution à l'étude piézométrique et hydro chimique du Synclinal du Djelfa. Thèse, Ing, Agro. Université de Djelfa. p32.

**O.M.S, 1977** : Surveillance de la qualité de l'eau de boisson, Genève.

**O.M.S, 1980** : Nitrates, Nitrites et composés N- nitroso. O.M.S série critères d'hygiène de l'environnement, Genève, n°5.

**O.M.S, 1985** : Directives de la qualité pour l'eau de boisson, Genève, Vol 1. p158-160.

Paramètres chimiques dans le cadre d'un SIG (Application à la région de Ain Oussera). Thèse, Ing, Agro.Université de Djelfa.

Paris : DUNOD ,525 p.

**Pomerol C. et Renard M**, « Élément de géologie », 1997, 11eme édition : Masson.

**Prévost, P.1999**. Les bases de l'agriculture .Paris : Technique et documentation .243p.

**R. Vilagines**, Eau, environnement et santé publique, Edition Tee et Doc., Lavoisier, 2000, p: 5-164.

**Ramad F, 1982**: ECOTOXICOLOGIE.2e ED .MASSON, Paris, 228

**Ramade.F, 1981**Ecologie des ressources naturelles, Edition Masson., France, , p: 136-142.

**Ramande, F.2003**.Eléments d'écologie (Ecologie fondamentale). Paris : DUNOD.690p.

**Rapinat M**, « L'eau », 1982, Presse universitaire de France.1re édition.

**Rapport Sur La Surveillance De La Qualité De L'eau Potable En Algérie**, 2008, Institut National De Sante Publique.

**Rieu. M, 1981** : Sodium absorption ration et estimation du pouvoir alcalinisant des eaux. Mission ORSTOM, vol XVIII n°2, pp 123-128.

**Rodier J., (1984)** Analyse d'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires et de mer. 722p, Ed. DUNOD, Paris.

**Rodier J., 1996**. L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 6eme édition: Dunod, Paris

**Rodier J., 2005**. L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer.8eme édition: Dunod, Paris

**Rodier J., 2009**. L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 9eme édition: Dunod, Paris. Energies Renouvelables, Chemss ,p 91-97.

**Rodier, J 1980** :L'analyse d'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. Edition Dunod technique, France, p925-953.

**Rodier, J. 1974** :L'analyse de l'eau, 7ème édition, Dunod, Paris.

**Rodier, J.1997** :L'analyse d'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. Edition de Nord, paris.

**Site internet** : <https://www.aquaportail.com/definition-5538-eau-saline.html>

Site internet : [https://www.ilephysique.net/chimie\\_5-eau-dansenvironnement-alimentation.php](https://www.ilephysique.net/chimie_5-eau-dansenvironnement-alimentation.php)

**Taha Houcine.D, 2002** : Evolution de la qualité des eaux Salinité, Azote et Métaux lourds sous l effet de la pollution saline, agricole et industrielle. Thèse de Doctorat.

**Thierun J, .Steffen P, 2001** : Guide pratique de l'échantillonnage des eaux souterraines. P

**Toutain, G. 1979.**éléments d'agronomie saharienne. Paris : I.N.R.A 273p.

**Turcelin J., 1998** : Traite d'irrigation, Edition tec et doc., Lavoisier, Paris, , pp :13-15. p: 429.

**Vilagines , R. 2000,** Eau, environnement et santé publique, Edition Tee et Doc., Lavoisier, p: 5-164.

عنوان المذكرة: دراسة خصائص النوعية الفيزيوكيميائية و البكتيريولوجية لمياه الشرب في المنطقة الصناعية حاسي الرمل – الاغواط – الجزائر  
 اللقب: بين سعدة الاسم: نسيمة المؤطر: رويحي الطاهر

ملخص  
 تتطرق هذه المذكرة لدراسة بعض خصائص النوعية الفيزيوكيميائية و البكتيريولوجية لمياه الشرب: أربع عينات من المياه الموزعة في منطقة حاسي الرمل. و أربع عينات من المياه الموزعة في منطقة بليل-ولاية الاغواط. استخدمنا أساليب موحدة تستخدمها مختبرات الجزائرية للمياه الاغواط. تمت مقارنة نتائجنا مع منظمة الصحة العالمية, المنظمة الاوروبية, و المعايير الجزائرية. و اظهرت الدراسة ان المياه الموزعة على مستوى منطقة بليل تبدو ضمن معايير مياه الشرب, باستثناء حي 1200 الذي يحتوي على نسبة عالية من الكالسيوم, وحي 250 و 200 اللذان يحتويان على نسبة عالية من النترات تجاوزت معايير الشرب. مع نسبة عالية من البيكاربونات في جميع احياء المنطقة. و ان المياه الموزعة على مستوى منطقة حاسي الرمل ذات صلابة عالية تجاوزت معايير الشرب, اكثر ملوحة من مياه منطقة بليل. نسب عالية من المغنيزيوم و الكالسيوم و الكلوريد تجاوزت معايير الشرب نسبة عالية من البيكاربونات و الكبريتات في حي استون و الزهور, اما نسب كل من النترات و النيتريت و الامونيوم و الصوديوم و البوتاسيوم فكانت ضمن معايير الشرب باستثناء حي 80 سكن الذي يحتوي على نسبة عالية جدا من الصوديوم. لكن الدراسة البكتيريولوجية تكشف عن الغياب التام للجراثيم المسببة للمخاطر على صحة المستهلك.

كلمات مفتاحية:

الماء, الخصائص الفيزيوكيميائية, المياه الموزعة, التحاليل البكتيريولوجية, ماء الشرب, معايير

**MIMORY TITRE : STUDY OF THE PHYSICO-CHEMICAL AND BACTERIOLOGICAL QUALITY OF DRINKING WATER IN THE INDUSTRIAL ZONE HASSI R'MEL - WILAYA DE LAGHOuat - ALGERIA**

Name : Ben saada

first name : Nassima

Directed by :Rouighi taher

#### Abstract

This thesis examines certain characteristics of the physicochemical and bacteriological quality of drinking water: four samples of the drinking water of the city of HassiR'mel; and four samples of water from the locality Bellil-, Wilaya de Laghouat.

We used standardized methods used by laboratories of the Algérienne des eaux de Laghouat. Our results were compared to WHO standards, and Algerian standards.

The study showed that the distribution water at the Bellil agglomeration appears to be in the standards of potability, except the water of the city 1200 which contains more calcium, and the water of cities 250; 250 which contains nitrate content exceed the standard, with the content of bicarbonates in all cities.

Distribution water at the HassiR'mel agglomeration which has a high hardness and exceeds the standards of potability; saltier than the Bellil agglomeration water, magnesium and calcium chloride content exceeds the norm; the content of bicarbonate and sulphate exceeds the norm in the cities(Zouhor; Aston); the levels of nitrate and nitrite and phosphate and ammonium and potassium and sodium remain in the norm. Except the water of the city 80 housing which has a very high sodium content. However bacteriological study revealing the total absence of germs causing risks to the health of the consumer.

Key words: Potable water, Physical-chemical properties, Water distribution, Norms, Bacteriological analysis.

**TITRE DU MEMOIRE : ETUDE DE LA QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE ET BACTERIOLOGIQUE DE L'EAU POTABLE DANS LA ZONE INDUSTRIEL HASSI R'MEL -WILAYA DE LAGHOuat-ALGERIE.**

Nom: Ben Saada

Prénom: Nassima

Encadreur : ROUIGHI.T

#### Résumé

Ce mémoire étudie certaines caractéristiques de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux potables : quatre échantillons des eaux de distribution de la ville de HassiR'mel ; et quatre échantillons eaux de distributions de la localité Bellil-, Wilaya de Laghouat.

Nous avons utilisé des méthodes normalisées et utilisées par les laboratoires de l'Algérienne des eaux de Laghouat. Nos résultats ont été comparés aux normes de l'OMS, et les normes algériennes.

L'étude a démontré que les eaux de distribution au niveau de l'agglomération Belli semblent être dans les normes de potabilité, sauf l'eau de la cité 1200 qui contient plus de calcium, et l'eau de cités 250 ; 250 qui contient un teneur de nitrate dépassent la norme, avec la teneur de bicarbonates dans tous les cités.

Les eaux de distributions au niveau de l'agglomération HassiR'melqui présente une dureté élevée et supérieure aux normes de potabilité ; plus salé que l'eau de l'agglomération Bellil, teneur en magnésium et en calcium en chlorure dépasse la norme ; la teneur de bicarbonate et de sulfate dépasse la norme dans les cités (Zouhor ; Aston) ; les teneurs en nitrate et nitrite et phosphate et ammonium et en potassium et en sodium restent dans la norme. Sauf l'eau de la cité 80 logement qui présente un teneur de sodium très élevé.

Cependant l'étude bactériologique révélant l'absence totale des germes provoquant des risques sur la santé du consommateur.

Mots clés : Eau potable, Caractéristiques physico-chimiques, Eau de distribution, Analyses bactériologique, Normes,

**Annexe 01:** Classification des eaux d'après leur pH.

<b>pH</b>	<b>L'alcalinité ou l'acidité des eaux</b>
pH < 5	Acidité forte présence des minéraux ou matières organiques dans eaux naturelles
pH = 7	pH neutre
7 < pH < 8	Neutralité approchée majorité des eaux de surface
5,5 < pH < 8	Majorité des eaux souterraines
pH = 8	Alcalinité forte, évaporation intense

**Annexe 02:** Minéralisation des eaux en fonction de la conductivité électrique.

<b>Conductivité</b>	<b>Minéralisation</b>
0 – 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$	
100 – 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Minéralisation très faible
200 – 333 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Minéralisation faible
333 – 666 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Minéralisation moyenne accentuée
666 – 1 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Minéralisation accentuée
> 1 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Minéralisation importante

**Annexe03** : Classification des eaux en fonction de la turbidité.

<b>Turbidité</b>	<b>Nature de l'eau</b>
NTU < 5	Eau claire
5 < NTU < 30	Eau légèrement trouble
NTU > 50	Eau trouble

**Annexe 04:** les normes algériennes de qualité physico- chimique de l'eau potable.

Paramètres	Valeurs	Unités
Paramètres organoleptiques		
couleur	25	mg/1 pt-Co
Odeur	Doit être acceptable	Taux de dilution
Turbidité	1-2	NTU
Paramètres physico-chimiques		

**Annexe 06 :** Les paramètres physicochimiques selon l’OMS et le journal officiel Algérie.

Paramètres	Selon l’OMS	Selon le Journal Algérien	Unité
Ph	9	6.5 - 8.5	
Conductivité	1000	2800	µs/cm
Dureté totale	50	100 - 500	°F
Calcium	100	75 - 200	Mg/L
Magnésium	50	150	Mg/L
Sodium	150	200	Mg/L
Potassium	12	20	Mg/L
Sulfates	250	200 - 400	Mg/L
Chlorures	600	200 - 500	Mg/L
Nitrates	50	50	Mg/L
Nitrites	0.1	0.1	Mg/L
Ammonium	0.5	0.5	Mg/L
Phosphates	5	5	Mg/L
Oxydabilité (KMnO4)	5	3	Mg/L
Oxygène dissout	5	5	Mg/L
Aluminium	0.2	0.2	Mg/L
Température	25	25	°C

**Annexe 07:** Facteurs microbiologiques selon l’OMS et le journal officiel algérien.

Facteur	Selon l’OMS	Selon le journal algérien
<b>Germes banaux</b>	100/100 ml	100/100 ml
<b>Coliformes totaux</b>	0/100 ml	0/100 ml
<b>Coliformes fécaux</b>	0/100 ml	0/100 ml
<b>Streptocoques fécaux</b>	0/100 ml	0/100 ml
<b>Clostridium sulforéducteurs</b>	0/100 ml	0/100 ml